

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月10日

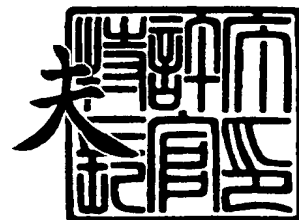
出願番号
Application Number: 特願2003-195159
[ST. 10/C]: [JP 2003-195159]

出願人
Applicant(s): アルプス電気株式会社

2004年 2月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3006966

【書類名】 特許願

【整理番号】 P5220

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド

【請求項の数】 67

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 斎藤 正路

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 長谷川 直也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 井出 洋介

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 梅津 英治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

【氏名】 西山 義弘

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083286

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 邦夫

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003-114189

【出願日】 平成15年 4月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001971

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0113245

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

下部シールド層の直上と上部シールド層の直下にそれぞれ、前記巨大磁気抵抗効果素子の固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、該固定磁性層とフリー磁性層よりも広い面積で形成された大面積非磁性金属膜を設けたことを特徴とする C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】 請求項 1 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜は前記シールド間隔の $1/4$ 以上の膜厚で形成され、前記巨大磁気抵抗効果素子は前記シールド間隔の $3/4$ 以下の膜厚で形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】 請求項 2 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜は、 60 \AA 以上 300 \AA 以下の膜厚で形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか 1 種又は 2 種以上であり、さらに該非磁性金属材料中に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 5】 請求項 4 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層の直上の大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr のいずれかであり、さらに該非磁性金属材料中に Cr を含

む場合はCr含有量が20原子%を超えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子は、前記固定磁性層よりもハイト方向奥側に、該固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項7】 請求項1ないし5のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、前記フリー磁性層及び非磁性材料層よりもトラック幅方向に長く延びて形成されており、前記巨大磁気抵抗効果素子はさらに、この固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項8】 請求項1ないし5のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、前記大面積非磁性金属膜に接する第1固定磁性層と前記非磁性材料層に接する第2固定磁性層とが非磁性中間層を介して積層された積層フェリ構造をなしており、この第1固定磁性層がトラック幅方向に長く延びて形成されていて、前記巨大磁気抵抗効果素子はさらに、第1固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該第1固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項9】 請求項1ないし5のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子は反強磁性層を備えておらず、前記固定磁性層は、正磁歪を有する磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料から形成され、該磁性材料自体の保磁力によって磁化方向が固定されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項10】 請求項8記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2固定磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効

果ヘッド。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記大面積非磁性金属膜の間であって前記巨大磁気抵抗効果素子の両側部には、ハードバイアス層と、このハードバイアス層と前記大面積非磁性金属膜の間を埋める絶縁膜とが形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 13】 所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置し、非磁性材料層を挟んで積層した固定磁性層とフリー磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記固定磁性層の少なくとも一部は、前記巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側に長く延びて形成され、

前記巨大磁気抵抗素子よりもハイト方向奥側に、前記固定磁性層の上面又は下面に接触して該上面又は下面との間に交換結合磁界を発生させ、この交換結合磁界により前記固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定する反強磁性層を設けたことを特徴とする CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 14】 請求項 13 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が長く形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 15】 請求項 13 又は 14 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により形成さ

れ、記録媒体との対向面側の端面が開放されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 16】 請求項 13 ないし 15 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を挟んで積層された第 1 固定磁性層と第 2 固定磁性層を有する積層フェリ構造をなし、該第 2 固定磁性層の上に前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層は形成されていて、

前記第 1 固定磁性層、前記非磁性中間層及び前記第 2 固定磁性層は、前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成され、

前記反強磁性層は、前記ハイト方向奥側に延長させた第 2 固定磁性層の上面に接触している C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 17】 請求項 16 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記第 1 固定磁性層の間、及び前記フリー磁性層と前記上部シールド層の間に、非磁性金属膜を介在させた C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 18】 請求項 17 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、A u、A g、C u、R u、R h、I r、P d、N i - C r、(N i - F e) - C r、C r のうちいずれか 1 種又は 2 種以上であり、さらに該非磁性金属材料中に C r を含む場合は C r 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 19】 請求項 17 又は 18 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記第 1 固定磁性層の間に介在する非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、T a / C u、T a / R u / C u、T a / C r、T a / N i - C r、T a / (N i - F e) - C r 又は C r のいずれかであり、さらに該非磁性金属材料中に C r を含む場合は C r 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 20】 請求項 16 ないし 19 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 2 固定磁性層の一部又は全部が、F e - C o - C u (ただし、F e > 10 原子%、C o > 30 原子%、C u > 5 原子%)、F e - C o - C u - X (ただし、X は P t、P d、M n、S i、A u、A g の

いずれか1種又は2種以上の元素である)、又は Co_2MnY (ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である)により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項21】 請求項16ないし20のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}$ (ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%)、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}-\text{X}$ (ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である)、又は Co_2MnY (ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である)により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項22】 請求項16ないし21のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層と前記上部シールド層の間に、絶縁層を介在させたCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項23】 請求項13ないし15のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を挟んで積層された第1固定磁性層と第2固定磁性層を有する積層フェリ構造をなし、この第2固定磁性層の上に前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層は形成されていて、

前記第1固定磁性層、前記非磁性中間層及び前記第2固定磁性層は、前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成され、

前記反強磁性層は、前記ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の下面に接触しているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項24】 請求項23記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層上に非磁性金属膜を備え、この非磁性金属膜のハイト方向奥側の端部上に前記反強磁性層が形成されていて、前記第1固定磁性層は、前記反強磁性層から前記非磁性金属膜に跨って該反強磁性層上及び非磁性金属膜上に形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項25】 請求項24記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層上に備えられた非磁性金属膜は、 Ta/Cu 、 Ta/Ru 、 Ta/Cr 、 $\text{Ta}/\text{Ni}-\text{Cr}$ 、 $\text{Ta}/(\text{Ni}-\text{Fe})-\text{Cr}$ 又はC

rのいずれかで形成され、該形成材料にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項26】 請求項23ないし25のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記上部シールド層と前記フリー磁性層の間に、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性材料により形成され、該非磁性金属材料中にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えている非磁性金属膜を介在させたCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項27】 請求項23ないし26のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2固定磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項28】 請求項23ないし27のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項29】 請求項23ないし28のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、ハイト方向奥側に延長させた前記第2固定磁性層と前記上部シールド層の間に、絶縁層を介在させたCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項30】 請求項23記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第1固定磁性層の直下位置に、ハイト方向奥側で前記第1固定磁性層と前記反強磁性層との間に介在する磁歪増強層が形成され、この磁歪増強層は、前

記反強磁性層と同じ組成で該反強磁性層よりも薄く形成された不規則結晶構造をなし、前記第1固定磁性層との界面に不整合歪を生じさせるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項31】 請求項30記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層と前記磁歪増強層は、Z-Mn合金（ただしZは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項32】 請求項31記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第1固定磁性層内の結晶と前記磁歪増強層内の結晶は、エピタキシャル又はヘテロエピタキシャルな状態であるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項33】 請求項32記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記磁歪増強層は、少なくとも前記第1固定磁性層側の界面付近において面心立方構造をとり、前記界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項34】 請求項32又は33記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記磁歪増強層の膜厚は10 Å以上50 Å以下であるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項35】 請求項32ないし34のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層及び前記磁歪増強層を形成するZ-Mn合金中のZ元素の含有量は、40原子%以上95元素%以下であるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項36】 請求項32ないし35のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第1固定磁性層は、少なくとも前記磁歪増強層側の界面付近で面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項37】 請求項36記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第1固定磁性層は、Co又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) からなるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 38】 請求項 32 ないし 35 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層は、少なくとも前記磁歪増強層側の界面付近で体心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向している C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 39】 請求項 38 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層は、 Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) からなる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 40】 請求項 32 ないし 35 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層は、前記磁歪増強層側の界面付近で面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しており、前記非磁性中間層側の界面付近で体心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向している C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 41】 請求項 40 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層は、前記磁歪増強層側の界面付近の組成が Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) であり、前記非磁性中間層側の界面付近の組成が Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) である C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 42】 請求項 41 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層は、前記非磁性金属層側の界面から前記非磁性中間層側の界面に向かうにつれて Fe 濃度が大きくなる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 43】 請求項 30 ないし 42 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記磁歪増強層及び前記反強磁性層との間、及び前記フリー磁性層と前記上部シールド層との間に、非磁性金属膜を介在させた C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 44】 請求項 43 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性金属膜は、 Au 、 Ag 、 Cu 、 Ru 、 Rh 、 Ir 、 Pd 、 Ni —

Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成され、該非磁性金属材料中にCrを含む場合はCr含有率が20原子%を超えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項45】 請求項44記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記磁歪増強層及び前記反強磁性層との間に介在する非磁性金属膜は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかで形成され、該形成材料にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項46】 請求項30ないし45のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、ハイト方向奥側に延長させた前記第2固定磁性層と前記上部シールド層の間に絶縁層を介在させたCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項47】 請求項30ないし46のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2固定磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項48】 請求項30ないし47のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されているCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項49】 請求項13ないし15のいずれか一項に記載のCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を挟んで積層

された第1固定磁性層と第2固定磁性層を有する積層フェリ構造をなし、該第2固定磁性層の下に前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層が形成されていて、

前記第1固定磁性層は、前記フリー磁性層、前記非磁性材料層、前記第2固定磁性層及び前記非磁性中間層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成され、

前記反強磁性層は、前記ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の上面に接触しているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項50】 請求項49記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記フリー磁性層の間、及び前記第1固定磁性層と前記上部シールド層の間に、非磁性金属膜を介在させたC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項51】 請求項50記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、PdNi-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成され、該非磁性金属材料中にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項52】 請求項50又は51記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第1固定磁性層と前記上部シールド層の間に介在する非磁性金属膜は、前記反強磁性層の上面を覆う第1上部非磁性金属膜と、この第1上部非磁性金属膜及び前記第1固定磁性層の上に形成された第2上部非磁性金属膜とを備え、前記第1上部非磁性金属膜はCrにより形成されているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項53】 請求項50ないし52のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記フリー磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかで形成され、該形成材料にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えているC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項54】 請求項49ないし53のいずれか一項に記載のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2固定磁性層の一部又は全部が、Fe-

Co-Cu (ただし、Fe > 10 原子%、Co > 30 原子%、Cu > 5 原子%)、Fe-Co-Cu-X (ただし、X は Pt、Pd、Mn、Si、Au、Ag のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である)、又は Co₂MnY (ただし、Y は Ge、Si、Sn、Al のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である) により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 55】 請求項 49 ないし 54 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu (ただし、Fe > 10 原子%、Co > 30 原子%、Cu > 5 原子%)、Fe-Co-Cu-X (ただし、X は Pt、Pd、Mn、Si、Au、Ag のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である)、又は Co₂MnY (ただし、Y は Ge、Si、Sn、Al のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である) により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 56】 請求項 49 ないし 55 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層、前記非磁性材料層、前記第 2 固定磁性層及び前記非磁性中間層のハイト方向奥側であって前記第 1 固定磁性層の下に、絶縁層を備えた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 57】 請求項 13 ないし 15 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を挟んで積層された第 1 固定磁性層と第 2 固定磁性層を有する積層フェリ構造をなし、該第 2 固定磁性層の下に前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層が形成されていて、

前記第 2 固定磁性層、前記非磁性中間層及び前記第 1 固定磁性層は、前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成され、

前記反強磁性層は、前記ハイト方向奥側に延長させた第 1 固定磁性層の上面に接触している CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 58】 請求項 57 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性材料層と前記第 2 固定磁性層との間に、酸化しづらい非磁性材料で形成された酸化防止層を備えた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 59】 請求項 58 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記酸化防止層は、5 Å 以上 10 Å 以下の膜厚で形成されている CPP 型巨

大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 60】 請求項 57 ないし 59 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記フリー磁性層の間、及び前記第 1 固定磁性層と前記上部シールド層の間に、非磁性金属膜を介在させた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 61】 請求項 60 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか 1 種又は 2 種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成され、該非磁性金属材料中に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 62】 請求項 60 又は 61 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 1 固定磁性層と前記上部シールド層の間に介在する非磁性金属膜は、前記反強磁性層の上面を覆う第 1 上部非磁性金属膜と、この第 1 上部非磁性金属膜及び前記第 1 固定磁性層の上に形成された第 2 上部非磁性金属膜を備え、前記第 1 上部非磁性金属膜は Cr により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 63】 請求項 60 ないし 62 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記下部シールド層と前記フリー磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr のいずれかで形成され、該形成材料に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 64】 請求項 57 ないし 63 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第 2 固定磁性層の一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe > 10 原子%、Co > 30 原子%、Cu > 5 原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、X は Pt、Pd、Mn、Si、Au、Ag のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）、又は Co₂MnY（ただし、Y は Ge、Si、Sn、Al のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 5】 請求項 5 7 ないし 6 4 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層の一部又は全部が、F e - C o - C u（ただし、F e > 1 0 原子%、C o > 3 0 原子%、C u > 5 原子%）、F e - C o - C u - X（ただし、X は P t、P d、M n、S i、A u、A g のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）、又は C o₂M n Y（ただし、Y は G e、S i、S n、A l のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）により形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 6】 請求項 5 7 ないし 6 5 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記フリー磁性層及び前記非磁性材料層のハイト方向奥側であって前記第 2 固定磁性層の下に、絶縁層を備えた C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6 7】 請求項 1 3 ないし 6 6 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記非磁性材料層は C u 層であり、前記非磁性中間層は R u 層である C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】

本発明は、膜厚方向（膜面に直交する方向）にセンス電流が流れる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来技術およびその問題点】

ハードディスク装置や磁気センサなどに用いられる巨大磁気抵抗効果（GMR）素子は、素子を構成する各層の膜面に対して平行な方向にセンス電流が流れる C I P（Current In the Plane）型と、素子を構成する各層の膜面に対して垂直な方向にセンス電流が流れる C P P（Current Perpendicular to the Plane）型とに大別することができる。

【0003】

図 4 6 は、従来の C P P - GMR 素子を用いた C P P - GMR ヘッドの構造を

示す縦断面図である。CPP-GMRヘッド100は、図示X方向に長く延びて形成された下部シールド層110、下部シールド層110の図示X方向の中央部に形成された下部非磁性金属膜120、この下部非磁性金属膜120上に積層形成されたフリー磁性層131、非磁性金属材料層132、固定磁性層133、反強磁性層134及び上部非磁性金属膜140、この上部非磁性金属膜140の上に図示X方向に長く延びて形成された上部シールド層150、フリー磁性層131の一部及び非磁性材料層132の両側部に接して形成されたハードバイアス層163、及びハードバイアス層163と下部シールド層110及び上部シールド層150との間を埋める絶縁膜161、164を有している。なお、ハードバイアス層163と絶縁層161の間にはバイアス下地層162が備えられている。

【0004】

上記構成のCPP-GMRヘッドでは、下部シールド層110及び上部シールド層150が電極膜を兼ねており、下部シールド層110及び上部シールド層150にも電流が流れる。この下部シールド層110及び上部シールド層150は、周知のように、例えばNiFeのような軟磁性材料によって形成されている。よって、下部シールド層110及び上部シールド層150にセンス電流が流れると、AMR（異方性磁気抵抗）効果が生じ、下部シールド層110及び上部シールド層150の抵抗値が増減する。この抵抗変化は、ヘッドの出力に対してノイズとなってしまう。

【0005】

特に、電流密度の高い範囲ではAMR効果によるノイズが大きくなってしまい、問題となっている。例えば図示例では、センス電流の出入口となる範囲（下部シールド層110と下部非磁性金属膜120が接触している範囲、及び上部シールド層150と上部非磁性金属膜140が接触している範囲）で電流密度が高くなっている。

【0006】

上記AMR効果によるノイズを低減させるには、AMR効果の小さいシールド材料を用いて下部シールド層110及び上部シールド層150を形成することが

考えられるが、AMR効果の小さいシールド材料では、十分な磁気シールド効果が得られない。

【0007】

また上記構成のCPP-GMRヘッドでは、例えばPtMnにより形成される反強磁性層134にもセンス電流が流れる。反強磁性層134は、比抵抗が約 $200\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 程度であり、非磁性金属膜120、140やフリー磁性層131、固定磁性層133に比して非常に大きい。また反強磁性層134は、反強磁性特性を保持するために厚く形成する必要があり、例えば上下のシールド層間隔が 600\AA 程度であるとき、反強磁性層134の膜厚は 200\AA 程度とされる。このように比抵抗の大きい反強磁性層134が厚く設けられていると、反強磁性層134の抵抗が大きく、センス電流が流れることによって反強磁性層134が発熱する。この発熱（ジュール熱）により、ヘッド全体の温度が高くなるため、ヘッドの信頼性や高周波特性を悪化させている。また反強磁性層134が厚いと、上下のシールド間隔を狭くすることが難しく、高記録密度化に不利になっている。

【0008】

そこで、最近では、反強磁性層134を素子部から省くことが提案されている。しかしながら、反強磁性層134を用いないで固定磁性層133の磁化を安定させるためには、固定磁性層133の形成材料の制約が大きくなり、単位面積あたりの磁気抵抗変化量 $\Delta R\cdot A$ を向上させることが難しくなってしまう。また反強磁性層134を用いないで固定磁性層133の磁化を安定させると、固定磁性層133の磁化固定が弱く、センス電流を流したときに発生するセンス電流磁界の向きと固定磁性層133の磁気モーメントの向きが異なっている場合に、センス電流磁界によって固定磁性層133の磁化方向がゆらいでしまう問題もあった。

【0009】

なお、CIP-GMRヘッドでは、センス電流が反強磁性層には1割程度しか流れず、シールド層には全く流れないため、上述のような問題は生じていない。

【0010】

【特許文献】

特開 2000-123325 号公報

特開 2001-266313 号公報

特開 2001-307307 号公報

特開 2002-232040 号公報

特開 2002-305338 号公報

特開 2002-319112 号公報

米国特許第 6023395 号

米国特許第 6052263 号

米国特許第 6259586 B1 号

米国特許第 6330136 B1 号

【0011】

【発明の目的】

本発明は、シールド層の AMR 効果によるノイズとジュール熱を低減可能な CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることを目的とする。また本発明は、ジュール熱を低減しつつ固定磁性層の磁化を強固に固定でき、さらに単位面積当たりの磁気抵抗変化量 $\Delta R \cdot A$ 及びセンス電流を増大させて高出力が得られる CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることを目的とする。

【0012】

【発明の概要】

本発明は、大面積非磁性金属膜を厚い膜厚で広い範囲に設ければシールド層と非磁性金属膜の界面におけるセンス電流の集中を緩和できること、及び、センス電流の流れる範囲から反強磁性層をなくせば、非磁性金属膜を厚く形成することができ、さらにセンス電流を流しても反強磁性層が発熱せず、素子抵抗が下がってヘッド動作時に発生するジュール熱も大幅に低減されることに着目したものである。

【0013】

すなわち、本発明は、所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層

を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下にそれぞれ、上記巨大磁気抵抗効果素子の固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、該固定磁性層とフリー磁性層よりも広い面積で形成された大面積非磁性金属膜を設けたことを特徴としている。

【0014】

大面積非磁性金属膜は、センス電流の集中を十分に緩和できるように、シールド間隔の $1/4$ 以上の膜厚で形成されていることが好ましい。この場合、結果的に巨大磁気抵抗効果素子は、シールド間隔の $3/4$ 以下の膜厚で形成される。具体的に例えば、シールド間隔が 480 \AA 以上 800 \AA 以下であるとき、大面積非磁性金属膜は、 60 \AA 以上 300 \AA 以下の膜厚で形成されていることが好ましい。

【0015】

大面積非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料は、シールド材料よりも比抵抗が小さい材料であり、具体的には、例えば Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか 1 種もしくは 2 種以上であることが好ましい。特に非磁性金属材料中に Cr を含む場合には、Cr 含有量が 20 原子%を超えていることが好ましい。この大面積非磁性金属膜は、単層膜であっても積層膜であってもよい。

【0016】

下部シールド層の直上に形成される大面積非磁性金属膜は、巨大磁気抵抗効果素子のシード層として機能させることができる。大面積非磁性金属膜をシード層として機能させる場合には、大面積非磁性金属膜が Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr によって形成されていることが好ましく、該形成材料中に Cr を含む場合には Cr 含有量が 20 原子%を超えていることが好ましい。

【0017】

巨大磁気抵抗効果素子は、固定磁性層よりもハイト方向奥側に、該固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えていることが好ましい。あるいは、固定磁性層がフリー磁性層及び非磁性材料層よりもトラック幅方向に長く延びて形成されていて、この固定磁性層のトラック幅方向の両側部に、該固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えていることが好ましい。このとき、固定磁性層を第1固定磁性層、非磁性中間層、第2固定磁性層からなる積層フェリ構造で形成する場合には、第1固定磁性層のみをトラック幅方向に長く延ばして形成し、この第1固定磁性層のトラック幅方向の両側端部に、反強磁性層を備えることが好ましい。これらの態様によれば、センス電流が反強磁性層に流れないので、反強磁性層が発熱することなく、ヘッド動作時に発生するジュール熱を大幅に低減することができる。

【0018】

また、巨大磁気抵抗効果素子に、固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えない態様も可能である。すなわち、正磁歪を有する磁性材料又は保磁力の大きな磁性材料によって固定磁性層を形成し、該磁性材料自体の保磁力によって固定磁性層の磁化方向を固定すればよい。このように反強磁性層を備えない態様によっても、ヘッド動作時に発生するジュール熱を大幅に低減することができる。

【0019】

第2固定磁性層の一部又は全部は、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。同様にフリー磁性層の一部又は全部は、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。

【0020】

以上のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、大面積非磁性金属膜の間であって巨大磁気抵抗効果素子の両側部には、ハードバイアス層と、このハードバイアス層と大面積非磁性金属膜の間を埋める絶縁膜とが形成されていることが実際である。

【0021】

また本発明は、固定磁性層の磁化を固定するための反強磁性層をセンス電流の流れる範囲外に設ければ、センス電流を流しても反強磁性層が発熱せず、ジュール熱を低減できること、及び、固定磁性層と反強磁性層の接触面積が広ければ固定磁性層の磁化を強固に固定できることに着目したものである。

【0022】

すなわち、本発明は、別の態様によれば、所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置し、非磁性材料層を挟んで積層した固定磁性層とフリー磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、記録媒体との対向面よりもハイト方向奥側に、前記固定磁性層の上面又は下面に接触して該上面又は下面との間に交換結合磁界を発生させ、この交換結合磁界により前記固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定する反強磁性層を設けたことを特徴としている。

【0023】

上記態様では、大面積非磁性金属膜は存在していないが、センス電流の流れる範囲に反強磁性層が存在しないのでジュール熱の発生が抑えられ、さらに、反強磁性層と固定磁性層の接触面積を広く確保できることから固定磁性層の磁化をより強固に固定できるという独自の効果が得られる。固定磁性層の磁化が強固に固定されていれば、該固定磁性層の磁化がゆらぎにくいので、単位面積当たりの磁気抵抗変化量 $\Delta R \cdot A$ が増大する。またセンス電流を増大させることで、さらに単位面積当たりの磁気抵抗変化量 $\Delta R \cdot A$ を増大させることができ、高出力化を図れる。

【0024】

固定磁性層は、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が長く形成されていることが好ましい。このように固定磁性層がトラック幅方向よりもハイト方向に長く形成されていれば、ハイト方向に平行な方向に形状異方性が生じ、この形状異方性によっても、固定磁性層の磁化固定を強化することができる。

【0025】

また固定磁性層は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されていることが好ましい。この場合、固定磁性層に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れることから、固定磁性層にはハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果により、固定磁性層の磁化方向はハイト方向に平行な一軸方向で安定化する。

【0026】

上記固定磁性層は、非磁性中間層を挟んで積層された第1固定磁性層と第2固定磁性層を有する積層フェリ構造で形成することができる。巨大磁気抵抗効果素子を構成する非磁性材料層及びフリー磁性層は、第2固定磁性層の上に形成されていても、第2固定磁性層の下に形成されていてもよい。

【0027】

固定磁性層の具体的な態様としては、例えば、第1～第5の態様が挙げられる。ここで、第1～第3の態様は第2固定磁性層の上に非磁性材料層及びフリー磁性層を形成した場合であり、第4及び第5の態様は第2固定磁性層の下に非磁性材料層及びフリー磁性層を形成した場合である。

【0028】

第1の態様では、第2固定磁性層の上に非磁性材料層及びフリー磁性層が形成されたタイプであって、第1固定磁性層、非磁性中間層及び第2固定磁性層を非磁性材料層及びフリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成し、このハイト方向奥側に延長させた第2固定磁性層上に、反強磁性層を形成する。このように反強磁性層が第2固定磁性層の上面で接触していれば、第2固定磁性層のハイト方向奥側の端面で接触する場合よりも、第2固定磁性層と反強磁性層の接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定



磁性層の磁化を固定することができる。

【0029】

下部シールド層と第1固定磁性層の間、及びフリー磁性層と上部シールド層の間には、下部シールド層及び上部シールド層におけるセンス電流の集中を緩やかにするため、非磁性金属膜を介在させることが好ましい。この非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成することができる。特に、下部シールド層と第1固定磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、第1固定磁性層を含む磁気抵抗効果素子のシード層として機能させるべく、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかで形成されていることが好ましい。この非磁性金属膜のシード効果によっても、第1固定磁性層の磁化固定は安定化される。ただし、非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料中にCrが含まれている場合は、そのCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。

【0030】

反強磁性層と上部シールド層の間には、絶縁層を介在させることが实际的である。これにより、反強磁性層にはほとんどセンス電流が流れず、分流ロスが軽減されて再生出力の向上を図ることができる。

【0031】

第2の態様では、第2固定磁性層上に非磁性材料層及びフリー磁性層が形成されたタイプであって、第1固定磁性層、非磁性中間層及び第2固定磁性層を非磁性材料層及びフリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成し、このハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の下面に、反強磁性層を接触させる。この態様によっても、第1固定磁性層と反強磁性層の接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。

【0032】

下部シールド層上には、センス電流の集中を緩和するため、非磁性金属膜を備えることが好ましい。この非磁性金属膜を備える場合、反強磁性層は非磁性金属

膜のハイト方向奥側の端部上に形成され、第1固定磁性層は、反強磁性層から非磁性金属膜に跨って該反強磁性層上及び非磁性金属膜上に形成されることが实际的である。下部シールド層上に備えられた非磁性金属膜は、第1固定磁性層を含む磁気抵抗効果素子のシード層としても機能するように、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかで形成されていることが好ましい。上部シールド層と前記フリー磁性層の間にも、センス電流の集中を緩和するため、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成された非磁性金属膜を介在させることができる。ただし、非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料中にCrが含まれている場合は、そのCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。

【0033】

ハイト方向奥側に延長させた第2固定磁性層と上部シールド層の間には、絶縁層を介在させることが实际的である。

【0034】

第3の態様では、上述した第2の態様において、さらに、第1固定磁性層の直下位置に、ハイト方向奥側で該第1固定磁性層と反強磁性層との間に介在する磁歪増強層を形成する。磁歪増強層は、反強磁性層と同じ組成で該反強磁性層よりも薄く形成された不規則結晶構造をなし、第1固定磁性層との界面で不整合歪を生じさせることが好ましい。この磁歪増強層と第1固定磁性層の間の界面で該磁歪増強層及び第1固定磁性層の結晶構造に歪みが生じると、第1固定磁性層の磁歪が増大され、逆磁歪効果によって第1固定磁性層及び固定磁性層の磁化固定がより強化される。

【0035】

反強磁性層と磁歪増強層は、Z-Mn合金（ただしZは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されていることが好ましい。

【0036】

磁歪増強層及び第1固定磁性層の結晶構造に歪みを生じさせるには、第1固定磁性層内の結晶と磁歪増強層の結晶がエピタキシャル又はヘテロエピタキシャルな状態であることが好ましい。

【0037】

磁歪増強層は、上記Z-Mn合金により形成されると、少なくとも第1固定磁性層側の界面付近において面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向する。

【0038】

磁歪増強層の膜厚は、10 Å以上50 Å以下であることが好ましい。この膜厚範囲内であれば、上記Z-Mn合金からなる磁歪増強層の結晶構造は成膜時の状態である面心立方構造(fcc)を維持し続ける。磁歪増強層の膜厚が50 Åを超えると、約250℃以上の熱が加わったときに磁歪増強層の結晶構造が、反強磁性特性を発揮するCuAuI型の規則型の面心正方構造(fct)に構造変態してしまう。ただし、磁歪増強層の膜厚が50 Åより大きくても、約250℃以上の熱が加わらなければ、磁歪増強層の結晶構造は、成膜時の状態である面心立方構造(fcc)を維持し続ける。

【0039】

反強磁性層及び磁歪増強層を形成するZ-Mn合金中のZ元素の含有量は、40原子%以上95原子%以下であることが好ましい。この範囲内であれば、第1固定磁性層の磁歪定数が正で大きな値をとり、第1固定磁性層の磁化がより安定化する。

【0040】

第1固定磁性層は、少なくとも磁歪増強層側の界面付近で面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向していることが好ましい。この場合、上述したように磁歪増強層が面心立方構造(fcc)をとり、第1固定磁性層との界面に平行な方向に $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しているので、第1固定磁性層を構成する原子と磁歪増強層を構成する原子が互いに重なり合いやすくなる。すなわち、エピタキシャルな状態で接合する。しかし、第1固定磁性層の $\{111\}$ 面内の最近接

原子間距離と磁歪増強層の $\{111\}$ 面内の最近接原子間距離には一定以上の差が生じるため、第1固定磁性層と磁歪増強層の界面付近では、第1固定磁性層を構成する原子と磁歪増強層を構成する原子が互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じる。これにより、第1固定磁性層の磁歪は増大する。

【0041】

第1固定磁性層は、 Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) によって形成されると、面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向する。

【0042】

また第1固定磁性層は、少なくとも磁歪増強層側の界面付近で体心立方構造 (bcc) をとり、該界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向していてもよい。この場合、第1固定磁性層を構成する原子と磁歪増強層を構成する原子は、互いに重なり合いやすくなり、ヘテロエピタキシャルな状態で接合する。また第1固定磁性層の $\{110\}$ 面内の最近接原子間距離と磁歪増強層の $\{111\}$ 面内の最近接原子間距離には一定以上の差が生じるため、第1固定磁性層と磁歪増強層の界面付近では、第1固定磁性層及び磁歪増強層のそれぞれの結晶構造に歪みが生じる。すなわち、第1固定磁性層の磁歪が増大する。

【0043】

第1固定磁性層は、 Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) によって形成されると、体心立方構造 (bcc) をとり、磁歪増強層側の界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向する。なお、体心立方構造をとる Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) は、面心立方構造をとる Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) より、特に $y=50$ 附近の組成で磁歪定数が大きいのので、より大きな逆磁歪効果を発揮することができる。また体心立方構造をとる Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) は、保磁力が大きく、第1固定磁性層の磁化固定をより強固にすることができる。

【0044】

さらに第1固定磁性層は、磁歪増強層側の界面付近で面心立方構造をとり、該

界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しており、非磁性中間層側の界面付近で体心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向していてもよい。このように非磁性中間層側の界面を体心立方構造にすると、第1固定磁性層の磁歪が増大し、大きな逆磁歪効果を発揮させることができる。一方、磁歪増強層側の界面を面心立方構造にすると、固定磁性層、非磁性材料層及びフリー磁性層の結晶配向性が一定になり、単位面積当たりの磁気抵抗変化量 $\Delta R \cdot A$ を高くすることができる。

【0045】

第1固定磁性層は、磁歪増強層側の界面付近の組成を Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) とし、非磁性中間層側の界面付近の組成を Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) として形成されると、磁歪増強層側の界面付近において、面心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向すると共に、非磁性中間層側の界面付近において、体心立方構造をとり、該界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向する。また非磁性中間層側の界面付近の組成を Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) であると、非磁性中間層を介した第1固定磁性層と第2固定磁性層との間の RKKY 的相互作用が強くなるので好ましい。第1固定磁性層は、磁歪増強層側の界面から非磁性中間層側の界面に向かうにつれて Fe 濃度が大きくなるものであってもよい。

【0046】

以上の第3の態様でも、下部シールド層と第1固定磁性層の間、及びフリー磁性層と上部シールド層の間には、非磁性金属膜を介在させることができる。非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Cr のうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成されていることが好ましく、特に下部シールド層と第1固定磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、第1固定磁性層を含む磁気抵抗効果素子のシールド層として機能させるべく、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr 又は Cr により形成されているこ

とが好ましい。ただし、非磁性金属膜を形成する非磁性金属中にCrが含まれている場合は、そのCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。また、ハイト方向奥側に延長させた第2固定磁性層と上部シールド層の間には、絶縁層を介在させることが实际的である。

【0047】

第4の態様では、第2固定磁性層の下に非磁性材料層及びフリー磁性層が形成されたタイプであって、第1固定磁性層を、フリー磁性層、非磁性材料層、前記第2固定磁性層及び非磁性中間層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成し、このハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の上面に、反強磁性層を接触させる。このように反強磁性層が第1固定磁性層の上面で接触していれば、第1固定磁性層と反強磁性層の接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。

【0048】

下部シールド層とフリー磁性層の間、及び第1固定磁性層と上部シールド層の間には、非磁性金属膜を介在させることが好ましい。この非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成することができる。下部シールド層とフリー磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、第1固定磁性層を含む磁気抵抗効果素子のシード層としても機能するように、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrにより形成されていることが好ましい。ただし、非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料中にCrが含まれている場合は、そのCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。

【0049】

第1固定磁性層と上部シールド層の間に介在する非磁性金属膜は、反強磁性層の上面を覆う第1上部非磁性金属膜と、この第1上部非磁性金属膜及び第1固定磁性層の上に形成された第2上部非磁性金属膜とを備えていてもよい。第1上部非磁性金属膜は、反強磁性層を形成する際に行なうRIE（反応性イオンエッチング）工程のストッパとして機能させるため、Crにより形成されていることが

実的である。

【0050】

フリー磁性層、非磁性材料層、第2固定磁性層及び非磁性中間層のハイト方向奥側であって第1固定磁性層の下には、絶縁層を備えることが実的である。

【0051】

第5の態様は、第2固定磁性層の下に非磁性材料層及びフリー磁性層が形成されたタイプであって、第2固定磁性層、非磁性中間層及び第1固定磁性層を、非磁性材料層及びフリー磁性層よりもハイト方向奥側に長く延ばして形成し、このハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の上面に、反強磁性層を接触させる。このように反強磁性層が第1固定磁性層の上面で接触していれば、第1固定磁性層と反強磁性層の接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。また、第1固定磁性層のみでなく、固定磁性層全体がハイト方向奥側に長く延びているので、RKKY的相互作用による第1固定磁性層と第2固定磁性層間の磁化結合が強まる。

【0052】

非磁性材料層と第2固定磁性層との間には、酸化しづらい非磁性材料で形成された酸化防止層を備えていてもよい。酸化防止層は5 Å以上10 Å以下の薄い膜厚で形成する。この膜厚範囲内の酸化防止層を備えていれば、非磁性材料層と第2固定磁性層が別工程で非連続に成膜された場合であっても、非磁性材料層の表面が酸化されることがなく、巨大磁気抵抗効果素子の巨大磁気抵抗効果を劣化させずにすむ。

【0053】

第5の態様においても、下部シールド層とフリー磁性層の間、及び第1固定磁性層と上部シールド層の間に、非磁性金属膜を介在させることが好ましい。上述したように非磁性金属膜は、Au、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのうちいずれか1種又は2種以上の元素を含む非磁性金属材料により形成することができる。第1固定磁性層と上部シールド層の間に介在する非磁性金属膜は、反強磁性層の上面を覆う第1上部非磁性金属膜と、この第1上部非磁性金属膜及び第1固定磁性層の上に形成された第2上部

非磁性金属膜を備えていてもよい。この場合、第1上部非磁性金属膜はCrにより形成されていることが好ましい。下部シールド層とフリー磁性層の間に介在する非磁性金属膜は、第1固定磁性層を含む磁気抵抗効果素子のシード層としても機能するように、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかにより形成されていることが好ましい。ただし、非磁性金属膜を形成する非磁性金属材料中にCrが含まれている場合は、そのCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。

【0054】

上記第1～第5の態様の各々では、第2固定磁性層の一部又は全部を、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。同様に、フリー磁性層の一部又は全部は、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。

【0055】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明を説明する。各図において、X方向はトラック幅方向、Y方向は記録媒体からの漏れ磁界方向、Z方向は記録媒体の移動方向及び巨大磁気抵抗効果素子を構成する各層の積層方向である。

【0056】

図1は、本発明の第1実施形態におけるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）1の構造を、記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【0057】

CPP-GMRヘッド1は、図示Z方向に所定のシールド間隔R-GLをあけて形成された下部シールド層10と上部シールド層50の間に、下部大面積非磁性金属膜20、巨大磁気抵抗効果を発揮するGMR素子30及び上部大面積非磁性金属膜40を有している。

【0058】

下部シールド層10及び上部シールド層50は、磁気シールドと電極としての機能を有し、図1及び図2に示すように、GMR素子30よりも十分に広い面積で形成されている。この下部シールド層10及び上部シールド層50は、十分な磁気シールド効果が得られる軟磁性材料、例えばNiFeにより、約1 μ m程度の膜厚で形成されている。

【0059】

下部大面積非磁性金属膜20は、下部シールド層10の直上に形成されたギャップ層であり、電極として及びGMR素子30を規則的に形成するためのシード層としても機能する。上部大面積非磁性金属膜40は、上部シールド層50の直下に位置するギャップ層であり、上部シールド層50と共に電極としても機能する。

【0060】

下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、GMR素子30の上面（第2固定磁性層33c）と下面（フリー磁性層31）に直接接しており、図1及び図2に示すようにGMR素子30よりも十分広く、下部シールド層10及び上部シールド層50とほぼ同じ面積を有している。

【0061】

この下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、下部シールド層10及び上部シールド層50よりも比抵抗が小さい非磁性金属材料で形成されている。具体的には、例えばAu、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-Fe)-Cr、Crのいずれか1種又は2種以上の元素により形成されることが好ましく、形成材料中にCrが含まれる場合はCr含有量が20原子%を超えているとよい。これら大面積非磁性金属膜20、40は、単層膜であっても積層膜であってもよい。本実施形態の下部大面積非磁性金属膜

20は、GMR素子30のシールド層としても機能させるため、例えばTa/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかによって形成されている。

【0062】

上記下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、シールド間隔R-GLの(1/4)以上となる膜厚で形成される。例えば、シールド間隔R-GLが480～800Åであるとき、大面積非磁性金属膜20、40の膜厚 t_{20} 、 t_{40} は60～300Åであることが好ましい。この範囲内であれば、大面積非磁性金属膜20、40の比抵抗を、シールド層10、50の構成材料であるNiFeの1/5～1/10程度まで低減することができる。すなわち、大面積非磁性金属膜20、40の膜厚が60～300Åであるときのシート抵抗は、NiFe膜が300～3000Åの膜厚で形成されている場合のシート抵抗に相当する。よって、センス電流は大面積非磁性金属膜20、40を流れやすく、大面積非磁性金属膜20、40とシールド層10、50との境界面でセンス電流の集中を緩和することができる。これにより、下部シールド層10及び上部シールド層50のAMR効果による抵抗変化は小さく抑えられる。なお、下部大面積非磁性金属膜20の膜厚 t_{20} と上部大面積非磁性金属膜40の膜厚 t_{40} は、同一であっても異なってもよい。

【0063】

GMR素子30は、図1に示されるようにトラック幅方向(図示X方向)においてシールド層10、50及び大面積非磁性金属膜20、40のほぼ中央部に位置しており、上下面が大面積非磁性金属膜20、40によって挟まれている。このGMR素子30は、大面積非磁性金属膜20、40がシールド間隔R-GLの(1/4)以上の膜厚で形成されているため、シールド間隔R-GLの(3/4)以下となる膜厚で形成されている。

【0064】

GMR素子30は、下部大面積非磁性金属膜20側から順にフリー磁性層31、非磁性材料層32及び固定磁性層33を有し、さらに固定磁性層33よりもハイト方向(図示Y方向)奥側に反強磁性層34(図3)を有している。図1に示

す記録媒体との対向面（A B S 面）には、フリー磁性層 3 1、非磁性材料層 3 2 及び固定磁性層 3 3 が露出し、反強磁性層 3 4 は露出しない。なお、GMR 素子 3 0 は、図示例とは上下を逆にして、下から固定磁性層、非磁性材料層及びフリー磁性層の順番で積層形成されているもよい。

【0065】

固定磁性層 3 3 は、磁性材料により形成された第 1 固定磁性層 3 3 c 及び第 2 固定磁性層 3 3 a と、これらの間に位置させて非磁性材料により形成された非磁性中間層 3 3 b とからなる積層フェリ構造で形成されている。

【0066】

第 1 固定磁性層 3 3 c は、ハイト方向（図示 Y 方向）奥側にて反強磁性層 3 4 と接しており、反強磁性層 3 4 との間に生じる交換異方性磁界により、磁化方向がハイト方向に固定されている。第 2 固定磁性層 3 3 a の磁化方向は、非磁性中間層 3 3 b を介した第 1 固定磁性層 3 3 c と第 2 固定磁性層 3 3 a との R K K Y 的相互作用により、ハイト方向と反平行方向に固定されている。

【0067】

第 1 固定磁性層 3 3 c 及び第 2 固定磁性層 3 3 a は、その一部又は全部が、Fe-Cu（ただし、Fe > 10 原子%、Cu > 5 原子%）、Fe-Cu-X（ただし、X は Pt、Pd、Mn、Si、Au、Ag のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、Y は Ge、Si、Sn、Al のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）により形成されている。この第 1 固定磁性層 3 3 c 及び第 2 固定磁性層 3 3 a の膜厚は、例えば 10 ~ 70 Å 程度である。非磁性中間層 3 3 b は、第 1 固定磁性層 3 3 c と第 2 固定磁性層 3 3 a の間に R K K Y 的相互作用がはたらく材質及び膜厚で形成される。本実施形態の非磁性中間層 3 3 b は、例えば Ru により 3 ~ 10 Å 程度の膜厚で形成されている。なお、固定磁性層 3 3 は、積層フェリ構造ではなく、磁性膜による単層構造または積層構造であってもよい。

【0068】

反強磁性層 3 4 は、元素 Z（ただし元素 Z は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os のうち 1 種または 2 種以上の元素である）と Mn とを含有する反強磁性材

料で形成されることが好ましい。あるいは、元素Zと元素Z'（ただし元素Z'は、Ne、Ar、Kr、Xe、Be、B、C、N、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Sn、Hf、Ta、W、Re、Au、Pb、及び希土類元素のうち1種又は2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料により形成されることが好ましい。これら反強磁性材料は、耐食性に優れていてブロッキング温度も高く、反強磁性層34と第1固定磁性層33cの界面で大きな交換結合磁界を発生させることができる。反強磁性層34は、80 Å以上で300 Å以下の膜厚で形成されることが好ましく、本実施形態では約150 Åの膜厚で形成されている。

【0069】

非磁性材料層32は、電気抵抗の低い導電材料によって形成されることが好ましく、本実施形態では例えばCuにより形成されている。この非磁性材料層32は、例えば25 Å程度の膜厚で形成される。フリー磁性層31は、その一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又はCo₂MnY（ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。フリー磁性層31の膜厚は、例えば100 Å程度である。このフリー磁性層31は、磁性膜による単層構造をなしているが、磁性膜による積層構造とすることも積層フェリ構造とすることも可能である。フリー磁性層31及び非磁性材料層32の両側部には、トラック幅方向に磁化されているハードバイアス層63が接している。このハードバイアス層63とGMR素子30との間には、第1絶縁層61又は第2絶縁層64が数Å～数十Å程度介在していてもよい。フリー磁性層31の磁化は、ハードバイアス層63の縦バイアス磁界によって、トラック幅方向（図示X方向）に揃えられている。

【0070】

また大面積非磁性金属膜20、40の間には、GMR素子30のトラック幅方向の両側部に位置させて、下から順に第1絶縁層61、バイアス下地層62、上

述のハードバイアス層 63、第2絶縁層 64が積層形成されている。

【0071】

第1絶縁層 61及び第2絶縁層 64は、例えば Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料で形成され、ハードバイアス層 63（及びハードバイアス下地層 62）と大面積非磁性金属膜 20、40の間を埋めている。すなわち、第1絶縁層 61は、フリー磁性層 31の両側部の一部に接する膜厚で、下部大面積非磁性金属膜 20の上に形成されている。第2絶縁層 64は、固定磁性層 33の両側部に接する膜厚で、ハードバイアス層 63の上に形成されている。

【0072】

バイアス下地層 62は、ハードバイアス層 63の特性（保磁力 H_c 、角形比 S ）を向上させ、ハードバイアス層 63から発生するバイアス磁界を増大させるために設けられている。バイアス下地層 62は、体心立方構造（bcc構造）の金属膜で形成されることが好ましく、具体的にはCr、W、Mo、V、Mn、Nb、Taのいずれか1種または2種以上の元素で形成されることが好ましい。このバイアス下地層 62は、ハードバイアス層 63の下側のみに形成されていることが好ましいが、フリー磁性層 31の両側部とハードバイアス層 63との間に若干介在していてもよい。フリー磁性層 31の両側部とハードバイアス層 63の間に形成されるバイアス下地層 62のトラック幅方向における膜厚は、1nm以下であることが好ましい。バイアス下地層 62が介在していれば、ハードバイアス層 63とフリー磁性層 31とを磁氣的に連続体にすることができ、フリー磁性層 31の端部が反磁界の影響を受けるバックリング現象を防止することができ、フリー磁性層 31の磁区制御が容易になる。

【0073】

以上の全体構成を有するCPP-GMRヘッド1は、センス電流がGMR素子 30の膜面に対して垂直方向（膜厚方向）に流れたとき、GMR素子 30の巨大磁気抵抗効果を利用して記録媒体からの漏れ磁界を検出することができる。図4に示す矢印は、上部シールド層 50側から下部シールド層 10側に向かってセンス電流を流した場合に生じる電流経路を示している。

【0074】

図4に示されるように、上部シールド層50に与えられたセンス電流は、その大部分が上部シールド層50よりも比抵抗の小さい上部大面積非磁性金属膜40に流れ込む。上部大面積非磁性金属膜40に流れ込んだセンス電流は、上部大面積非磁性金属膜40がGMR素子30よりも広い範囲に存在しているため、該上部大面積非磁性金属膜40内を膜面に対して平行に流れ、上部大面積非磁性金属膜40と固定磁性層33の界面から該GMR素子30の膜面に直交する方向（膜厚方向）に流れた後、フリー磁性層31と下部大面積非磁性金属膜20の界面から下部大面積非磁性金属膜20に入る。下部大面積非磁性金属膜20内に入ったセンス電流は、下部大面積非磁性金属膜20の比抵抗が下部シールド層50よりも小さく且つ下部大面積非磁性金属膜20がGMR素子30よりも広い範囲に存在しているため、その大部分が比抵抗のより小さい下部大面積非磁性金属膜20内を膜面に対して平行に流れ、GMR素子30の下層に位置する範囲の下部シールド層10にはほとんど流れない。

【0075】

このような電流経路によれば、GMR素子30が形成されている範囲の上層位置又は下層位置に、センス電流が集中することがない。すなわち、大面積非磁性金属膜20、40とシールド層10、50の界面における電流密度は小さくなり、シールド層10、50のAMR効果が生じて、該AMR効果によるノイズ（シールド層10、50の抵抗変化）を小さく抑えられる。なお、下部シールド層10から上部シールド層50に向かってセンス電流を流す場合には、センス電流の流れる方向は逆向きであるが、同様の電流経路ができる。

【0076】

また、上述したように固定磁性層33（第1固定磁性層33a）の磁化方向を固定するための反強磁性層34は第1固定磁性層33cよりもハイト方向奥側に形成されており、図4に示される電流経路中には反強磁性層34が存在していない。一般に反強磁性層は、GMR素子30や大面積非磁性金属膜20、40に比して比抵抗が大幅に大きく、また、反強磁性特性を得るために70～300Å程度の厚い膜厚で形成されるため、電流が流れると大きなジュール熱を発生させる。よって、本実施形態のように電流経路中に反強磁性層が存在していなければ、

センス電流を流しても反強磁性層が発熱しないので、ヘッドの温度が過度に上昇せず、信頼性を改善することができる。また、電流経路中に反強磁性層が存在していなければ、ヘッドの高周波特性も改善される。

【0077】

また本実施形態では、電流経路中に反強磁性層を設けないことにより、シールド間隔 R-G L を従来よりも小さくすることができ、さらに、上部大面積非磁性金属膜 20 及び下部大面積非磁性金属膜 40 を従来よりも厚い膜厚 t_{20} 、 t_{40} で形成できている。なお、従来では、図 46 に示すように固定磁性層の直上に反強磁性層が厚い膜厚で形成されていたため、シールド間隔 R-G L' を大きくさせずに非磁性金属膜を十分に厚くすることができなかった。

【0078】

以下では、図 1 に示す CPP-GMR ヘッド 1 の製造方法について説明する。

【0079】

先ず、下から順に下部シールド層 10、下部大面積非磁性金属膜 20、フリー磁性層 31、非磁性材料層 32、第 2 固定磁性層 33a、非磁性中間層 33b、及び第 1 固定磁性層 33c を真空中でベタ膜上に連続成膜する。各層の材料及び膜厚は、図 1 に示された完成状態の CPP-GMR ヘッド 1 と同じである。

【0080】

次に、第 1 固定磁性層 33c の上に、形成すべき GMR 素子 30 の光学的な素子面積と同程度、あるいは該素子面積よりも若干小さい面積を覆うリフトオフ用のレジスト層を形成する。

【0081】

レジスト層を形成したら、レジスト層に覆われていない第 1 固定磁性層 33c、非磁性中間層 33b、第 2 固定磁性層 33a、非磁性材料層 32 及びフリー磁性層 31 をイオンミリング等により除去する。この工程により、下部大面積非磁性金属膜 20 のトラック幅方向のほぼ中央部上に、フリー磁性層 31 から第 1 固定磁性層 33c までの各層で構成される GMR 素子 30 が略台形状となって残される。なお、GMR 素子 30 の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい

。

【0082】

続いて、GMR素子30の両側端面にかけて、第1絶縁層61、バイアス下地層62、ハードバイアス層63及び第2絶縁層64を連続でスパッタ成膜する。上記各層の材料及び膜厚は、図1に示された完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。なお、スパッタ成膜時におけるスパッタ粒子角度は、下部大面積非磁性金属膜20に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。スパッタ成膜後は、レジスト層を除去する。

【0083】

レジスト層を除去したら、図3に示すように、第1固定磁性層33cのハイト方向奥側に反強磁性層34を形成する。すなわち、第1固定磁性層33c及び第2絶縁層64の上に、反強磁性層形成エリアを空間とするレジスト層を形成し、このレジスト層に覆われていない第2絶縁層64を例えばイオンミリング等により除去し、除去部分に反強磁性層34を形成する。反強磁性層34の材料及び膜厚は、図3に示された完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。反強磁性層34の形成後は、レジスト層を除去する。

【0084】

続いて、GMR素子T1をハイト方向（図示Y方向）の磁場中でアニールし、反強磁性層34と第1固定磁性層33cの間にそれぞれ交換結合磁界を発生させる。このとき、アニール温度は例えば270℃程度であり、印加磁界の大きさは800kA/m程度である。この磁場中アニール処理により、第1固定磁性層33cの磁化方向はハイト方向に固定され、第2固定磁性層33aの磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定される。

【0085】

アニール処理後は、図5に示すように、第1固定磁性層33c及び第2絶縁層64の上に上部大面積非磁性金属膜40をスパッタ成膜し、上部大面積非磁性金属膜40の上面にCMP加工又はイオンミリングを施す。このCMP加工又はイオンミリングにより、上部大面積非磁性金属膜40の上面が平坦化される。上部大面積非磁性金属膜40の材料及びCMP加工後の膜厚 t_{40} は、図1に示され

た完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。

【0086】

そして、平坦化された上部大面積非磁性金属膜40の上に、上部シールド層50をスパッタ成膜する。上部シールド層50の材料及び膜厚は、図1に示す完成状態のCPP-GMRヘッド1と同じである。この上部シールド層50は、上部大面積非磁性金属膜40を成膜する際に、該上部大面積非磁性金属膜40と連続でスパッタ成膜してもよい。

【0087】

以上により、図1に示すCPP-GMRヘッド1が完成する。

【0088】

以上の本実施形態では、下部シールド層10の直上と上部シールド層50の直下に、フリー磁性層31又は固定磁性層33（第1固定磁性層33c）に直接接し、これらフリー磁性層31及び固定磁性層33よりも十分広い面積で形成された下部大面積非磁性金属膜20と上部大面積非磁性金属膜40がそれぞれ備えられているので、下部シールド層10及び上部シールド層50におけるセンス電流の集中を緩和することができ、下部シールド層10及び上部シールド層50のAMR効果によるノイズを低減可能である。

【0089】

また本実施形態では、下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40がシールド間隔R-GLの（1/4）以上の膜厚で形成されているので、センス電流は下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40を流れやすく、下部シールド層10及び上部シールド層50にはほとんど流れない。これにより、下部シールド層10及び上部シールド層50でAMR効果が生じても該AMR効果によるノイズは小さく抑えられる。

【0090】

また本実施形態では、第1固定磁性層33cよりもハイト方向奥側に反強磁性層34を設け、センス電流の流れる電流経路から反強磁性層34を隔離してあるので、GMR素子30にセンス電流を流しても反強磁性層34が発熱することがない。よって、図7のように電流経路中に反強磁性層が存在していた従来よりも

GMR素子30の発熱が大幅に低減され、この結果、素子温度の上昇が抑制されて、信頼性が向上する。また図1に示すABS面において、シールド間隔R-G Lを図7に示す従来よりも狭くすることができ、GMR素子30の各層及び大面積非磁性金属膜20、40の膜厚の設計自由度も高くなる。

【0091】

本実施形態では、反強磁性層34を第1固定磁性層33cよりもハイト方向奥側に設けているが、第1固定磁性層33cの磁化方向を固定する態様は種々の変形が可能である。

【0092】

例えば、図6に示すように、第1固定磁性層33cをトラック幅方向に十分に長く延ばし、延ばした第1固定磁性層33cの両側端部に接する反強磁性層35を備える態様であってもよい。固定磁性層33がフェリ構造でない場合には、固定磁性層全体をトラック幅方向に十分長く延ばし、その両側端部に接する反強磁性層を備えればよい。

【0093】

また、反強磁性層を設けずに、正磁歪を有する磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料によって固定磁性層33を形成し、固定磁性層33自体の保磁力によってその磁化方向を固定する態様としてもよい。この態様では、記録媒体との対向面から見たヘッド構造は図1に示す実施形態と同じになり、第1固定磁性層33cのハイト方向奥側には反強磁性層34の代わりに第2絶縁層64が形成される。

【0094】

さらに本実施形態では、上部大面積非磁性金属膜40がGMR素子30及び第2絶縁層64を覆って形成されていることから、上部大面積非磁性金属膜40にCMP加工を施すことができ、平坦性を確保することができる。よって、上部シールド層50上に記録用のインダクティブヘッドを積層して形成する際にも平坦性が保障される。

【0095】

図7～図14は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第2実施形態を示している。

【0096】

第2実施形態は、第1実施形態の下部大面積非磁性金属膜20、上部大面積非磁性金属膜40に替えて下部非磁性金属膜220、上部非磁性金属膜240を備えた点、及び第2固定磁性層のハイト方向奥側の端面で接する反強磁性層34に替えて、ハイト方向奥側に延長させた第2固定磁性層の上面で接する反強磁性層234を備えた点で第1実施形態と最も異なる。この第2実施形態によれば、大面積非磁性金属膜20、40が存在していなくても、センス電流の流れる範囲に反強磁性層234が存在しないためにジュール熱の発生が抑えられ、さらに、固定磁性層231と反強磁性層234の接触面積を十分に確保でき、固定磁性層231の磁化をより強固に固定できるという独自の効果が得られる。

【0097】

図7はCPP-GMRヘッド201の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図8はCPP-GMRヘッド201の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図9はGMR素子230を上から見て示す模式平面図である。図7～図9において、図1～図3に示す第1実施形態と同一の符号を付した層の機能、形状、形成材料及び膜厚は同一であるため、これらの説明は省略する。

【0098】

CPP-GMRヘッド201は、上部シールド層10及び下部シールド層50を介してセンス電流を膜厚方向に流したとき、GMR効果を発揮するGMR素子230を備えている。GMR素子230は、第1実施形態のGMR素子30とは各層の積層順が上下逆になっており、下から順番に固定磁性層231（第1固定磁性層231a、非磁性中間層231b、第2固定磁性層231c）、非磁性材料層232及びフリー磁性層233を有している。

【0099】

固定磁性層231は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により各層が形成されていて、図7に示すように記録媒体との対向面側の端面が開放されている。このように記録媒体との対向面側の端面が解放されていると、固定磁性層231に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れ、固定磁性層231には、ハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁

歪効果により、固定磁性層 231 の磁化方向は、ハイト方向に平行な一軸方向で安定化している。

【0100】

また固定磁性層 231 では、図 7 及び図 9 に示すように、第 1 固定磁性層 231a、非磁性中間層 231b、第 2 固定磁性層 231c の一部が非磁性材料層 232 及びフリー磁性層 233 よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されており、その高さ寸法 h_2 がトラック幅寸法 T_w よりも長くなっている。よって、第 1 固定磁性層 231a 及び第 2 固定磁性層 231c には、ハイト方向に平行な方向に形状異方性がそれぞれ生じており、この形状異方性によっても磁化がハイト方向に平行な方向で安定化している。

【0101】

第 1 固定磁性層 231a 及び非磁性中間層 231b の膜厚は、第 1 実施形態の第 1 固定磁性層 33c 及び非磁性中間層 33b と同様である。第 2 固定磁性層 231c の膜厚は、素子部よりも素子部外（ハイト方向奥側）で薄く、素子部では 50 Å 程度、素子部外では 40 Å 程度である。

【0102】

第 1 固定磁性層 231a の直下位置には、該第 1 固定磁性層 231a よりもトラック幅方向で長くハイト方向ではほぼ同じ長さを有する下部非磁性金属膜 220 が形成されている。下部非磁性金属膜 220 は、下部シールド層 10 と共に電極として機能するほか、GMR 素子 230 を構成する各層を規則的に形成するシード層としても機能する。GMR 素子 230 の各層の結晶粒径や結晶配向性は、下部非磁性金属膜 220 によって制御される。この下部非磁性金属膜 220 のシード効果によっても、第 1 固定磁性層 231a の磁化固定は強化される。下部非磁性金属膜 220 は、第 1 実施形態の下部大面積非磁性金属膜 20 と同じ非金属材料で形成することができ、その膜厚は下部大面積非磁性金属膜 20 よりも薄くなっている。本実施形態では、Ta/Cr による 2 層構造で下部非磁性金属膜 220 が形成されている。

【0103】

フリー磁性層 233 上には、該フリー磁性層 233 と同じ面積を有する上部非

磁性金属膜 240 が形成されている。この上部非磁性金属膜 240、上部シールド層 50 の一部、フリー磁性層 233、非磁性材料層 232 及び第 2 固定磁性層 231c の一部は、そのハイト方向奥側の端面位置が滑らかに連続している。上部非磁性金属膜 240 は、第 1 実施形態の上部大面積非磁性金属膜 40 と同じ非磁性金属材料で形成することができ、その膜厚は上部大面積非磁性金属膜 40 よりも薄くなっている。

【0104】

上記 CPP-GMR ヘッド 201 は、固定磁性層 231 の磁化方向を固定するための反強磁性層 234 を、GMR 素子 230 よりもハイト方向奥側の位置で、第 2 固定磁性層 231c の上面に接触させて備えている。すなわち、反強磁性層 234 は、ハイト方向奥側に延長させた第 2 固定磁性層 231c の上に、上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層 233、非磁性材料層 232 及び第 2 固定磁性層 231c の一部のハイト方向奥側の端面にも接して形成されている。反強磁性層 234 の形成材料及び膜厚は、第 1 実施形態の反強磁性層 34 と同じである。

【0105】

反強磁性層 234 は、第 2 固定磁性層 231c との界面に交換結合磁界を発生させ、該交換結合磁界により第 2 固定磁性層 231c の磁化方向をハイト方向に固定する。第 1 固定磁性層 231a と第 2 固定磁性層 231c は、非磁性中間層 231b を介した RKKY 的相互作用により、互いに磁化が反平行状態となっている。よって、第 1 固定磁性層 231a の磁化はハイト方向と反平行方向に固定されている。本実施形態では、第 1 固定磁性層 231a の単位面積あたりの磁気モーメント（飽和磁化 M_s × 膜厚 t ）を第 2 固定磁性層 231c の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくしてあるので、固定磁性層 231 の全体としての磁化方向は第 1 固定磁性層 231a の磁化方向に等しくなる。

【0106】

上述したように本実施形態では、逆磁歪効果による一軸異方性、形状異方性及び下部非磁性金属膜 220 によるシード効果によっても、第 1 固定磁性層 231a 及び第 2 固定磁性層 231c の磁化が強固に固定されている。

【0107】

反強磁性層 234 と上部シールド層 50 の間には、センス電流が反強磁性層 234 側に流れないように、 Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料により形成された第 1 バックフィルギャップ層（絶縁層）271 が形成されている。第 1 バックフィルギャップ層 271、反強磁性層 234、第 2 固定磁性層 231c、非磁性中間層 231b、第 1 固定磁性層 231a 及び下部非磁性金属膜 220 は、図 7 に示すように、ハイト方向奥側の端面位置が一致している。これら第 1 バックフィルギャップ層 271、反強磁性層 234、第 2 固定磁性層 231c、非磁性中間層 231b、第 1 固定磁性層 231a 及び下部非磁性金属膜 220 のハイト方向奥側では、 Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料により形成された第 2 バックフィルギャップ層（絶縁層）272 によって、下部シールド層 10 と上部シールド層 50 の間が埋められている。

【0108】

次に、図 10～図 13 を参照し、図 7～図 9 に示す CPP-GMR ヘッド 201 の製造方法の一実施形態について説明する。

【0109】

図 10～図 13 において、(a) は CPP-GMR ヘッド 201 の製造工程を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) は CPP-GMR ヘッド 201 の製造工程を素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。各層の形成材料及び膜厚は、完成状態の CPP-GMR ヘッド 201 と同一であるため、説明を省略する。

【0110】

先ず、下部シールド層 10 上に、下から順に下部非磁性金属膜 220、第 1 固定磁性層 231a、非磁性中間層 231b、第 2 固定磁性層 231c、非磁性材料層 232、フリー磁性層 234 及び上部非磁性金属膜 240 を同一真空中で連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。このとき、第 2 固定磁性層 231c は、完成状態の第 2 固定磁性層 231c の素子部と同じ膜厚で均一に成膜しておく。

【0111】

次に、上部非磁性金属膜 240 上に、形成すべき GMR 素子 230 のトラック

幅寸法 T_w を規定するレジスト層 R1 を形成する。

【0112】

レジスト層 R1 を形成したら、レジスト層 R1 に覆われていない上部非磁性金属膜 240 から第1固定磁性層 231a までの各層（上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層 233、非磁性材料層 232、第2固定磁性層 231c、非磁性中間層 231b 及び第1固定磁性層 231a）を例えばイオンミリングにより除去し、下部非磁性金属膜 220 が露出したらイオンミリングを終了する。この工程により、図10に示されるように、下部非磁性金属膜 220 のトラック幅方向のほぼ中央部上に、第1固定磁性層 231a からフリー磁性層 233 までの各層で構成される GMR 素子 230 と上部非磁性金属膜 240 が残される。なお、GMR 素子 230 の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい。

【0113】

続いて、図11に示すように、GMR 素子 230 の両側端面にかけて、第1絶縁層 61、バイアス下地層 62、ハードバイアス層 63 及び第2絶縁層 64 を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。なお、スパッタ成膜時におけるスパッタ粒子角度は、下部非磁性金属膜 220 に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。成膜後は、レジスト層 R1 を除去する。

【0114】

レジスト層 R1 を除去したら、上部非磁性金属膜 240 上に、形成すべき GMR 素子 230 の高さ寸法 h_1 を規定するレジスト層 R2 を形成する。

【0115】

続いて、図12に示すように、レジスト層 R2 に覆われていない上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層 233、非磁性材料層 232 及び第2固定磁性層 231c の一部を例えばイオンミリングにより除去し、この除去部分に反強磁性層 234 と第1バックフィルギャップ層 271 を成膜する。

【0116】

上記イオンミリング工程により、上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層 233 及び非磁性材料層 232 は GMR 素子 230 となる素子部のみに残され、第2

固定磁性層 231c の一部、非磁性中間層 231b 及び第 1 固定磁性層 231a は、フリー磁性層 233 及び非磁性材料層 232 よりもハイト方向奥側に長く延びた状態で残される。この上部非磁性金属膜 240、上部シールド層 50 の一部、フリー磁性層 233、非磁性材料層 232 及び第 2 固定磁性層 231c の一部は、そのハイト方向奥側の端面位置が滑らかに連続している。第 2 固定磁性層 231c は、素子部よりも素子部外（ハイト方向奥側に長く延びた部分）で膜厚が薄くなっている。

【0117】

第 1 バックフィルギャップ層 271 の成膜後は、リフトオフによりレジスト層 R2 を除去する。

【0118】

レジスト層 R2 を除去したら、上部非磁性金属膜 240 及び第 1 バックフィルギャップ層 271 の上に、第 2 固定磁性層 231c、非磁性中間層 231b 及び第 1 固定磁性層 231a の高さ寸法 h_2 を規定するレジスト層 R3 を形成する。この高さ寸法 h_2 は、GMR 素子 230 のトラック幅寸法 T_w 及び高さ寸法 h_1 よりも大きく設定されている。レジスト層 R3 は、上記レジスト層 R2 よりもハイト方向の寸法が大きくなっている。

【0119】

続いて、図 13 に示すように、レジスト層 R3 に覆われていない第 1 バックフィルギャップ層 271 から少なくとも第 1 固定磁性層 231a までの各層を例えばイオンミリングにより除去する。本実施形態では、レジスト層 R3 に覆われていない第 1 バックフィルギャップ層 271、反強磁性層 234、第 2 固定磁性層 231c の一部、非磁性中間層 231b、第 1 固定磁性層 231a、下部非磁性金属膜 220 を除去し、該除去部分に下部シールド層 10 を露出させる。この露出させた下部シールド層 10 上には、同図 13 に示すように、第 2 バックフィルギャップ層 272 を成膜する。第 2 バックフィルギャップ層 272 の成膜後は、レジスト層 R3 をリフトオフにより除去する。

【0120】

レジスト層 R3 を除去したら、ハイト方向の磁場中でアニール処理を行なう。

このとき、アニール温度は例えば270℃程度であり、印加磁界の大きさは800 kA/m程度である。この磁場中アニール処理が施されることにより反強磁性層234は、少なくとも一部の不規則格子が規則格子に変態し、反強磁性特性を発揮する。すなわち、反強磁性層234と第2固定磁性層231cの間に交換結合磁界が発生する。発生した交換結合磁界により、第2固定磁性層231cの磁化方向はハイト方向に固定され、第1固定磁性層231aの磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定される。図7に示す矢印方向は、第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの磁化方向をそれぞれ示している。

【0121】

本実施形態では、ハイト方向奥側に延長させた第2固定磁性層231cの上面に反強磁性層234が接触しているため、該反強磁性層234と第2固定磁性層231cの接触面積（交換結合磁界が生じている面積範囲）を十分に確保でき、第2固定磁性層231cの磁化を強固に固定することができる。よって、非磁性中間層231bを介して第1固定磁性層231aの磁化も強固に固定される。

【0122】

アニール処理後は、上部非磁性金属膜240、第2絶縁層64、第1バックフィルギャップ層271及び第2バックフィルギャップ層272の上に、上部シールド層50を成膜する。なお、上部非磁性金属膜240は、上部シールド層50を成膜する直前に成膜してもよい。

【0123】

以上の工程により、図7～図9に示すCPP-GMRヘッド201が完成する。

【0124】

以上のように第2実施形態では、素子部（非磁性材料層232及びフリー磁性層233）よりもハイト方向奥側に延ばした第2固定磁性層231cの上面に接触し、この第2固定磁性層231cの上面との間に交換結合磁界を発生させる反強磁性層234を備えている。よって、第1実施形態のように第1固定磁性層231a又は第2固定磁性層231cのいずれかのハイト方向奥側の端面に接する反強磁性層を備える場合よりも、第2固定磁性層231cと反強磁性層234の

接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。ここで、第2固定磁性層231cと反強磁性層234の接触面積は、第1実施形態における第1固定磁性層33cと反強磁性層34の接触面積の500倍以上に相当している。なお、反強磁性層と固定磁性層の接触面積は、第2実施形態ではトラック幅寸法 T_w とハイト方向の寸法 h （ $=h_2 - h_1$ ）により規定され、第1実施形態ではトラック幅寸法 T_w と第1固定磁性層33cの膜厚により規定されている。

【0125】

また第2実施形態では、固定磁性層231が正の磁歪定数を有する磁性材料により形成され、該固定磁性層231の記録媒体との対向面側の端面が開放されているので、逆磁歪効果によっても第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの磁化固定が強化されている。さらに、固定磁性層231がトラック幅方向よりもハイト方向に長く形成されているので（ $T_w < h_2$ ）、形状異方性によっても第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの磁化固定が強化されている。また T_a/C_r による2層構造で形成した下部非磁性金属膜220の上にGMR素子230を構成する各層が形成されているので、この下部非磁性金属膜220のシード効果によっても第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの磁化固定が強化されている。

【0126】

以上の第2実施形態では、上部シールド層50から下部シールド層10に向けてセンス電流をGMR素子230の膜面に対して垂直方向（膜厚方向）に流したとき、図14に細矢印で示すように図示右回りのセンス電流磁界が発生する。このセンス電流磁界の向きは、第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの合成磁気モーメントの向き（図14中の太矢印で示す向き）と一致していることが固定磁性層231の磁化固定をさらに強固にする上で望ましい。ただし、本第2実施形態のように固定磁性層231の磁化が十分強固に固定されていれば、センス電流磁界の向きと第1固定磁性層231a及び第2固定磁性層231cの合成磁気モーメントの向きとが一致していなくても、発生したセンス電流磁界によって固定磁性層231の磁化がゆらぐことがない。これにより、センス電流

密度を高くして高出力化を図ることが可能である。

【0127】

また第2実施形態では、第1実施形態と同様に反強磁性層234がGMR素子230よりもハイト方向奥側に位置しているので、反強磁性層234はセンス電流の流れる電流経路から隔離され、GMR素子230にセンス電流を流しても反強磁性層234が発熱することがない。よって、動作時にGMR素子230の発熱が大幅に低減され、この結果、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。本第2実施形態では反強磁性層234の上面がGMR素子230の上面よりも上に位置しているが、反強磁性層234の上面は第1バックフィルギャップ層271により覆われているので、センス電流は反強磁性層234にほとんど流れず、分流ロスが軽減されて再生出力の向上を図ることが可能である。

【0128】

また反強磁性層234がGMR素子230よりもハイト方向奥側に位置していれば、図8に示す記録媒体との対向面で、シールド間隔R-G Lを図46に示す従来よりも狭くすることができ、高分解能化を図ることができる。

【0129】

なお、本実施形態の非磁性金属膜220、240は、第1実施形態の上部大面積非磁性金属膜20及び下部大面積非磁性金属膜40と同様に、広い面積及び厚い膜厚で形成されていてもよい。

【0130】

図15～図20は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第3実施形態を示している。

【0131】

第3実施形態は、第2固定磁性層の上面ではなく、第1固定磁性層の下面で接する反強磁性層334を備えた点で第2実施形態と異なる。反強磁性層の配置位置以外は、第2実施形態と同じである。

【0132】

図15はCPP-GMRヘッド301の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図16はCPP-GMRヘッド301の構造を記録媒体との対向面側から

見て示す部分断面図、図 17 は GMR 素子 330 を上から見て示す模式平面図である。図 15 ～ 図 17 において、図 7 ～ 図 9 に示す第 2 実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0133】

CPP-GMR ヘッド 301 は、上部シールド層 10 及び下部シールド層 50 を介してセンス電流を膜厚方向に流したとき、GMR 効果を発揮する GMR 素子 330 を備えている。GMR 素子 330 は、第 2 実施形態の GMR 素子 230 と同様に、下から順番に固定磁性層 331（第 1 固定磁性層 331a、非磁性中間層 331b、第 2 固定磁性層 331c）、非磁性材料層 332 及びフリー磁性層 333 を有している。非磁性材料層 332 及びフリー磁性層 333 は、第 2 実施形態の非磁性材料層 232 及びフリー磁性層 233 と同じ形状、膜厚及び形成材料で形成されている。

【0134】

固定磁性層 331 は、第 2 実施形態の固定磁性層 231 と同様に、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により各層が形成され、図 15 に示すように記録媒体との対向面側の端面が開放されている。よって、固定磁性層 331 の磁化方向は、逆磁歪効果によりハイト方向に平行な一方向で安定化している。

【0135】

また固定磁性層 331 では、図 15 及び図 17 に示すように、第 1 固定磁性層 331a、非磁性中間層 331b、第 2 固定磁性層 331c の一部が非磁性材料層 332 及びフリー磁性層 333 よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されており、その高さ寸法 h_2 がトラック幅寸法 T_w よりも長くなっている。これにより、第 1 固定磁性層 331a 及び第 2 固定磁性層 331c には、ハイト方向に平行な方向に形状異方性がそれぞれ生じており、この形状異方性によっても磁化がハイト方向に平行な方向で安定化している。

【0136】

第 1 固定磁性層 331a は、下部非磁性金属膜 220 上に及び下部非磁性金属膜 220 から反強磁性層 334 上に跨って形成されており、反強磁性層 334 の上面及び端面（図 15 の左側端面）を覆う段差部を有している。非磁性中間層 3

3 1 b 及び第 2 固定磁性層 3 3 1 c の一部は、第 1 固定磁性層 3 3 1 a 上に積層形成されていて、第 1 固定磁性層 3 3 1 a と同様の段差部を有している。

【0137】

第 1 固定磁性層 3 3 1 a、非磁性中間層 3 3 1 b 及び第 2 固定磁性層 3 3 1 c の膜厚は、第 2 実施形態の第 1 固定磁性層 2 3 1 a、非磁性中間層 3 3 1 b 及び第 2 固定磁性層 2 3 1 c の膜厚と同じである。また本実施形態でも、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の単位面積当たりの磁気モーメントが第 2 固定磁性層 3 3 1 c の単位面積当たりの磁気モーメントよりも大きくなっている。

【0138】

反強磁性層 3 3 4 は、素子部（非磁性材料層 3 3 2 及びフリー磁性層 3 3 3）よりもハイト方向奥側に位置させて下部非磁性金属膜 2 2 0 上に形成され、該上面（図 15 の左側端面を含む）で第 1 固定磁性層 3 3 1 に接している。この反強磁性層 3 3 4 は、第 1 固定磁性層 3 3 1 a との界面に交換結合磁界を発生させ、該交換結合磁界により第 1 固定磁性層 3 3 1 a の磁化方向をハイト方向に対して反平行方向に固定する。第 1 固定磁性層 3 3 1 a と第 2 固定磁性層 3 3 1 c は、非磁性中間層 3 3 1 b を介した R K K Y 的相互作用により、磁化が互いに反平行状態となっている。これにより、第 2 固定磁性層 3 3 1 c の磁化はハイト方向に固定される。本実施形態では、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の単位面積当たりの磁気モーメントが第 2 固定磁性層 3 3 1 c の単位面積当たりの磁気モーメントよりも大きいので、固定磁性層 3 3 1 の全体としての磁化方向は第 1 固定磁性層 3 3 1 a の磁化方向に等しくなる。

【0139】

反強磁性層 3 3 4 は、第 2 実施形態の反強磁性層 2 3 4 と同じ形成材料及び膜厚で形成することができる。下部非磁性金属膜 2 2 0 の膜厚は、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の形成されている範囲のほうが反強磁性層 3 3 4 の形成されている範囲よりも薄くなっている。

【0140】

第 2 固定磁性層 3 3 1 c と上部シールド層 5 0 の間には、センス電流が直接第 2 固定磁性層 3 3 1 c に流れないように、 Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料に

より形成されたバックフィルギャップ層 370 が介在している。このバックフィルギャップ層 370 は、非磁性材料層 332、フリー磁性層 333 及び上部非磁性金属膜 240 のハイト方向奥側の端面に接して形成されている。

【0141】

次に、図 18～図 20 を参照し、図 15～図 17 に示す CPP-GMR ヘッド 201 の製造方法の一実施形態について説明する。図 18～図 20 は、CPP-GMR ヘッド 301 の製造工程を素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。各層の形成材料及び膜厚は、完成状態の CPP-GMR ヘッド 301 と同一である。

【0142】

先ず、下部シールド層 10 上に、下から順に下部非磁性金属膜 220 と反強磁性層 334 を同一真空中で連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。本実施形態では、第 2 実施形態と同様に、下部非磁性金属膜 220 を Ta/Cr の 2 層構造で形成する。

【0143】

次に、反強磁性層 334 上に、反強磁性層 334 の平面的な大きさを規定するレジスト層を形成し、このレジスト層に覆われていない反強磁性層 334 及び下部非磁性金属膜 220 の Cr 膜の一部を例えばイオンミリングにより除去し、さらにレジストをリフトオフにより除去する。ここまでの工程により、下部非磁性金属膜 220 上には、図 18 に示すようにハイト方向奥側の一部にのみ、反強磁性層 334 が残る。

【0144】

レジスト層を除去したら、次に行なう成膜工程の前処理として、下部非磁性金属膜 220 及び反強磁性層 334 の表面をクリーニングする。

【0145】

続いて、図 19 に示すように、クリーニング後の下部非磁性金属膜 220 及び反強磁性層 334 上に、第 1 固定磁性層 331a、非磁性中間層 331b、第 2 固定磁性層 331c、非磁性材料層 332、フリー磁性層 333 及び上部非磁性金属膜 240 を同一真空中で連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。下部

非磁性金属膜 220 の上面位置と反強磁性層 334 の上面位置との間には大きな段差が生じているため、上記成膜された第 1 固定磁性層 331a から上部非磁性金属膜 240 までの各層にも、ハイト方向奥側に段差ができる。第 2 固定磁性層 331c は、完成状態の第 2 固定磁性層 331c の素子部と同じ膜厚で成膜しておく。

【0146】

続いて、上部非磁性金属膜 240 上に、形成すべき GMR 素子 330 のトラック幅寸法 T_w を規定するレジスト層を形成する。

【0147】

レジスト層を形成したら、該レジスト層に覆われていない上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層 333、非磁性材料層 332、第 2 固定磁性層 331c、非磁性中間層 331b 及び第 1 固定磁性層 331a を例えばイオンミリングにより除去し、下部非磁性金属膜 220 が露出したらイオンミリングを終了する。この工程により、下部非磁性金属膜 220 のトラック幅方向のほぼ中央部上に、第 1 固定磁性層 331a からフリー磁性層 333 までの各層で構成される GMR 素子 330 と上部非磁性金属膜 240 が残される。なお、GMR 素子 330 の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい。

【0148】

続いて、上記レジストを残した状態のまま、GMR 素子 330 の両側端面にかけて第 1 絶縁層 61、バイアス下地層 62、ハードバイアス層 63 及び第 2 絶縁層 64 を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。なお、スパッタ成膜時におけるスパッタ粒子角度は、下部非磁性金属膜 220 に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。成膜後は、レジスト層をリフトオフにより除去する。

【0149】

レジスト層を除去したら、上部非磁性金属膜 240 上に、形成すべき GMR 素子 330 の高さ寸法 h_1 を規定するレジスト層を新たに形成する。

【0150】

続いて、レジスト層に覆われていない上部非磁性金属膜 240、フリー磁性層

333、非磁性材料層332及び第2固定磁性層331cの一部を例えばイオンミリングにより除去し、この除去部分にバックフィルギャップ層370を成膜する。バックフィルギャップ層370の成膜後は、リフトオフによりレジスト層を除去する。

【0151】

上記イオンミリング工程により、図20に示されるように、上部非磁性金属膜240、フリー磁性層333及び非磁性材料層332は、GMR素子330となる素子部のみに残される。一方、第2固定磁性層331cの一部、非磁性中間層331b及び第1固定磁性層331aは、フリー磁性層333及び非磁性材料層332よりもハイト方向奥側に長く延びており、段差部も成膜時の状態で残される。第2固定磁性層331cは、素子部よりも素子部外（ハイト方向奥側に長く延びた部分）で膜厚が薄くなっている。

【0152】

レジスト層を除去したら、ハイト方向に対して反平行方向をなす磁場中でアニール処理を行ない、反強磁性層334と第1固定磁性層331aの間に交換結合磁界を発生させる。このとき、アニール温度は例えば270℃程度であり、印加磁界の大きさは800kA/m程度である。この磁場中アニール処理により、第1固定磁性層331aの磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定され、第2固定磁性層331cの磁化方向はハイト方向に固定される。図15に示す矢印方向は、第1固定磁性層331a及び第2固定磁性層331cの磁化方向をそれぞれ示している。本実施形態では、ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層331aの下面が反強磁性層334を覆っているため、該反強磁性層334と第1固定磁性層331aの接触面積（交換結合磁界が生じている面積範囲）を十分に確保でき、第1固定磁性層331aの磁化を強固に固定できる。よって、非磁性中間層331bを介して第2固定磁性層331cの磁化も強固に固定される。

【0153】

アニール処理後は、上部シールド層を形成するための前処理として、例えばCMP加工又はイオンミリング等により上部非磁性金属膜240、第2絶縁層64

及びバックフィルギャップ層 370 の上面を平坦化する。そして、平坦化された上部非磁性金属膜 240、第 2 絶縁層 64 及びバックフィルギャップ層 370 上に、上部シールド層 50 を成膜する。

【0154】

以上の工程により、図 15～図 17 に示す CPP-GMR ヘッド 301 が完成する。

【0155】

以上のように第 3 実施形態では、素子部（非磁性材料層 332 及びフリー磁性層 333）よりもハイト方向奥側に延ばした第 1 固定磁性層 331a の下面に接触し、この第 1 固定磁性層 331a の下面との間に交換結合磁界を発生させる反強磁性層 334 を備えている。よって、第 2 実施形態と同様に、第 1 固定磁性層 331a と反強磁性層 334 の接触面積（交換結合磁界の発生する面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。ここで、第 1 固定磁性層 331a と反強磁性層 334 の接触面積は、第 1 実施形態のように第 1 固定磁性層又は第 2 固定磁性層のいずれかのハイト方向奥側の端面に接する反強磁性層を備える場合よりも大きく、第 1 実施形態における第 1 固定磁性層 33c と反強磁性層 34 の接触面積の 500 倍以上に相当している。なお、反強磁性層と固定磁性層の接触面積は、第 3 実施形態では反強磁性層 334 のトラック幅方向寸法と高さ寸法と膜厚により規定される。

【0156】

第 3 実施形態では、第 2 実施形態と同様に、逆磁歪効果による一軸異方性、形状異方性、及び下部非磁性金属膜 220 のシード効果によっても、第 1 固定磁性層 331a 及び第 2 固定磁性層 331c の磁化固定が強化されている。このように第 1 固定磁性層 331a 及び第 2 固定磁性層 331c の磁化が強固に固定されていれば、センス電流磁界の向きと第 1 固定磁性層 331a 及び第 2 固定磁性層 331c の合成磁気モーメントの向きとが一致していなくても、発生したセンス電流磁界によって固定磁性層 331 の磁化がゆらぐことがないので、センス電流密度を高くして高出力化を図ることが可能である。

【0157】

また第3実施形態では、第1及び第2実施形態と同様に、GMR素子330にセンス電流を流しても反強磁性層334が発熱することがなく、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。また図15に示す記録媒体との対向面でシールド間隔R-GLを図46に示す従来よりも狭くすることができ、高分解能化を図ることができる。

【0158】

図21～図26は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第4実施形態を示している。

【0159】

図21はCPP-GMRヘッド401の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図22はCPP-GMRヘッド401の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図23はGMR素子を上から見て示す模式平面図である。図21～図26において、図15～図17に示す第3実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0160】

第4実施形態は、第3実施形態のCPP-GMRヘッド301において、下部非磁性金属膜220と第1固定磁性層331aの間、及び反強磁性層334と第1固定磁性層331aとの間に渡って、磁歪増強層434を介在させたものである。磁歪増強層434は、第1固定磁性層331aとの界面で結晶不整合を生じさせ、この結晶構造の歪みにより第1固定磁性層331aの磁歪定数を増大させる機能を有している。第1固定磁性層331aの磁歪が増大すれば、第1固定磁性層331a及び第2固定磁性層331cの磁化固定をより強固にでき、出力が増大すると共に出力の安定性及び対称性も向上する。

【0161】

磁歪増強層434及び反強磁性層334は、Z-Mn合金（ただしZは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。磁歪増強層434は、上記材料によって形成されると、少なくとも第1固定磁性層331aとの界面付近で面心立方構造（fcc）をとり、該界面と平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶

面が優先配向する。

【0162】

磁歪増強層 434 は、10 Å 以上 50 Å 以下の膜厚で形成されている。この膜厚範囲内であれば、熱処理が施されても、膜厚が薄いために不規則格子から規則格子に変態できず、成膜時の面心立方構造 (fcc) を維持し続ける。磁歪増強層 434 の結晶構造が面心立方構造 (fcc) であるとき、磁歪増強層 434 は反強磁性特性を発揮せず、磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a の界面には交換結合磁界が発生しないか、発生しても極めて弱い。なお、磁歪増強層 434 は、膜厚が 50 Å を超えていると、約 250℃ 以上の熱が加えられたときに反強磁性層 334 と同様に CuAuI 型の規則方の面心正方構造 (fct) に構造変態してしまう。ただし、磁歪増強層 434 の膜厚が 50 Å を超えていても、約 250℃ の熱が加えられなければ、磁歪増強層 434 の結晶構造は面心立方構造 (fcc) を維持し続ける。

【0163】

上記磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a は、エピタキシャル又はヘテロエピタキシャルな状態で整合されることによって、結晶構造に歪みが適度に生じる。

【0164】

本実施形態の磁歪増強層 434 は、上述したように、面心立方構造 (fcc) をなし、第 1 固定磁性層 331a との界面に平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向している。一方、第 1 固定磁性層 331a は、Co 又は Co_mFe_n ($n \leq 20$ 、 $n+m=100$) により形成されていて、面心立方構造 (fcc) をなし、磁歪増強層 434 との界面に平行な方向に、 $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向している。よって、磁歪増強層 434 を構成する原子と第 1 固定磁性層 331a を構成する原子が互いに重なり合いやすく、磁歪増強層 434 内の結晶と第 1 固定磁性層 331a 内の結晶は、エピタキシャルな整合状態になっている。ただし、結晶構造に歪みを生じさせるためには、磁歪増強層 434 の $\{111\}$ 面内の最近接原子間距離 N2 と第 1 固定磁性層 331a の $\{111\}$ 面内の最近接原子間距離 N1 との差が一定以上ある

ことが必要である。図 24 に模式的に示すように本実施形態では、磁歪増強層 434 を構成する原子と第 1 固定磁性層 331a を構成する原子とが重なり合いつつも、界面付近で結晶構造に歪みが生じている状態になる。

【0165】

また本実施形態では、磁歪増強層 434 を構成する Z-Mn 合金中の Z 元素の含有量を、40 原子%以上 95 元素%以下に調整してある。この範囲内であると、第 1 固定磁性層 331a の磁歪が正で大きな値をとり且つ安定する。

【0166】

次に、図 25 及び図 26 を参照し、図 21～図 23 に示す CPP-GMR ヘッド 401 の製造方法の一実施形態について説明する。図 25 及び図 26 は、CPP-GMR ヘッド 401 の製造工程を素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。各層の形成材料及び膜厚は、完成状態の CPP-GMR ヘッド 401 と同一であるため、説明を省略する。

【0167】

先ず、下部シールド層 10 上に、Ta/Cr の 2 層構造による下部非磁性金属膜 220 を成膜する。次に、下部非磁性金属膜 220 上に、反強磁性層の形成範囲を空間としたレジストを形成し、このレジストに覆われていない下部非磁性金属膜 220 の一部 (Cr 膜の一部) を例えばイオンミリングにより除去する。続いて、図 25 に示すように上記レジストを残した状態のまま、反強磁性層 334 と Ru 層 440 を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。Ru 層 440 は、反強磁性層 334 の酸化防止層として機能するもので、約 5～10 Å 程度の薄い膜厚で成膜する。Ru 層 440 の成膜後は、上記レジストをリフトオフにより除去する。

【0168】

続いて、例えば低イオンエネルギーイオンビームエッチングにより、反強磁性層 334 上の Ru 層 440 を除去すると同時に、下部非磁性金属膜 220 上に生じた酸化層を除去する。

【0169】

続いて、図 26 に示すように、下部非磁性金属膜 220 及び反強磁性層 334

上に、磁歪増強層 434、第 1 固定磁性層 331a、非磁性中間層 331b、第 2 固定磁性層 331c、非磁性材料層 332、フリー磁性層 333 及び上部非磁性金属膜 240 を連続成膜する。本実施形態では、磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a をエピタキシャルな状態で整合させており、磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a の界面では、それぞれの結晶構造に歪みが生じている。

【0170】

上部非磁性金属膜 240 を成膜した後の工程は、上述した第 2 実施形態の製造工程とすべて同一なので、説明を省略する。

【0171】

以上のように第 4 実施形態では、第 1 固定磁性層 331a との界面で結晶不整合歪を生じさせる磁歪増強層 434 を備えたので、第 1 固定磁性層 331a の磁歪が増大し、固定磁性層 331 の磁化固定をより強固にすることができる。また磁歪増強層 434 は、10～50 Å 程度の薄い膜厚で形成されているため、熱処理が施されても反強磁性特性を発揮しない。よって、GMR 素子 330 にセンス電流を流したときにジュール熱を増大させることも電流ロスを増やすこともなく、さらに狭シールド間隔化にも対応可能である。

【0172】

第 4 実施形態では、磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a をエピタキシャルな状態で接合させているが、磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a をヘテロエピタキシャルな状態で接合させた場合にも、該磁歪増強層 434 と第 1 固定磁性層 331a の界面に、結晶構造の歪みを適度（第 1 固定磁性層 331a、非磁性中間層 331b 及び第 2 固定磁性層 331c の原子配列を乱さない程度）に生じさせることが可能である。

【0173】

具体的には、第 1 固定磁性層 331a を Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) によって形成する。すると、第 1 固定磁性層 331a は、体心立方構造 (bcc) をとり、磁歪増強層 434 との界面に平行な方向に、 $\{110\}$ 面で表される等価な結晶面を優先配向する。体心立方構造を有する結晶の $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面の原子配列と面心立方構造を有する結晶の $\{111\}$

面として表される等価な結晶面の原子配列は類似しているため、面心立方構造を有する磁歪増強層 4 3 4 の構成原子と体心立方構造を有する第 1 固定磁性層 3 3 1 a の構成原子は、ヘテロエピタキシャルな状態で接合することができる。この第 1 固定磁性層 3 3 1 a の $\{110\}$ 面内の最近接原子間距離と磁歪増強層 4 3 4 の $\{111\}$ 面内の最近接原子間距離には、一定以上の差が生じる。このため、第 1 固定磁性層 3 3 1 a と磁歪増強層 4 3 4 との界面付近では、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の構成原子と磁歪増強層 4 3 4 の構成原子が互いに重なりつつも、それぞれの結晶構造に歪みが適度に生じる。この歪みにより、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の磁歪が増大する。

【0174】

上述のように第 1 固定磁性層 3 3 1 a の形成材料としては、体心立方構造をとる Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$)、面心立方構造をとる Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) のいずれを用いてもよい。体心立方構造をとる Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) を用いると、面心立方構造をとる Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) を用いた場合よりも正磁歪をより増大させることができる。面心立方構造をとる Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) を用いると、保磁力が大きく、第 1 固定磁性層 3 3 1 a の磁化固定を強固にすることができる。

【0175】

また、体心立方構造をとる Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) と面心立方構造をとる Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) の両方を用いて、固定磁性層 3 3 1 a を形成することも可能である。具体的に例えば、磁歪増強層 4 3 4 側の界面付近の組成を Co 又は Co_nFe_m ($m \leq 20$ 、 $n+m=100$) とし、非磁性中間層 3 2 3 側の界面付近の組成を Co_nFe_m ($m \geq 20$ 、 $n+m=100$) とすることができる。この場合、磁歪増強層 4 3 4 側の界面から非磁性中間層 3 2 3 側の界面に向かうにつれて Fe 濃度が大きくなる。

【0176】

上記第 2～第 4 実施形態は、非磁性材料層 2 3 2 (3 3 2) の下に固定磁性層 2 3 1 (3 3 1) が位置するタイプの CPP-GMR ヘッドである。

【0177】

以下では、非磁性材料層の上に固定磁性層が位置するタイプの第5～第8実施形態について説明する。

【0178】

図27～図29は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第5実施形態を示している。

【0179】

第5実施形態は、非磁性材料層の上に固定磁性層を積層したタイプのCPP-GMRヘッドであって、ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層531aの上面に、反強磁性層534を備えたことを特徴としている。

【0180】

図27はCPP-GMRヘッド501の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図28はCPP-GMRヘッド501の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図29はGMR素子530を上から見て示す模式平面図である。図27～図29において、図7～図9に示す第2実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0181】

CPP-GMRヘッド501は、上部シールド層10及び下部シールド層50を介してセンス電流を膜厚方向に流したとき、GMR効果を発揮するGMR素子530を備えている。GMR素子530は、上記第2～第4実施形態のGMR素子とは各層の積層順が上下逆になっており、下から順番にフリー磁性層533、非磁性材料層532及び固定磁性層531（第2固定磁性層531c、非磁性中間層531b、第1固定磁性層531a）を有している。フリー磁性層533及び非磁性材料層532は、第2実施形態のフリー磁性層233及び非磁性材料層232と同じ形状、膜厚及び形成材料で形成されている。

【0182】

固定磁性層531は、第2実施形態の固定磁性層231と同様に、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により各層が形成され、図27に示すように記録媒体との対向面側の端面が開放されている。これにより、固定磁性層531の磁化方向は

、逆磁歪効果によりハイト方向に平行な一方向で安定化している。

【0183】

固定磁性層 531 では、第 1 固定磁性層 531a が GMR 素子部（フリー磁性層 533、非磁性材料層 532、第 2 固定磁性層 531c 及び非磁性中間層 531b）よりもトラック幅方向及びハイト方向に長く延びて形成されている。すなわち、第 1 固定磁性層 531a は、高さ寸法 h_2 が GMR 素子 530 の高さ寸法 h_1 よりも大きく、トラック幅方向の寸法 T_w' が GMR 素子 530 のトラック幅寸法 T_w よりも大きくなっている。この第 1 固定磁性層 531a の高さ寸法 h_2 はトラック幅方向の寸法 T_w' よりも長く、第 1 固定磁性層 531a にはハイト方向に平行な方向に形状異方性が生じる。この形状異方性により、第 1 固定磁性層 531a の磁化はハイト方向に平行な方向に安定化している。

【0184】

第 1 固定磁性層 531a 上には、GMR 素子 530 の上方位置に上部非磁性金属膜 540 が形成され、GMR 素子 530 及び上部非磁性金属膜 540 よりもハイト方向奥側の位置に反強磁性層 534 が形成されている。第 1 固定磁性層 531a の膜厚は、上部非磁性金属膜 240 が形成されている範囲よりも反強磁性層 534 が形成されている範囲のほうが薄い。

【0185】

反強磁性層 534 は、第 2 実施形態の反強磁性層 234 と同じ形成材料及び膜厚で形成されており、GMR 素子 530 よりもハイト方向奥側に延長させた第 1 固定磁性層 531a の上面に接する。この反強磁性層 534 は、第 1 固定磁性層 531a との界面で交換結合磁界を発生させ、該交換結合磁界により第 1 固定磁性層 531a の磁化方向をハイト方向と反平行方向に固定する。第 1 固定磁性層 531a と第 2 固定磁性層 531c は、非磁性中間層 531b を介した RKKY 的相互作用により、互いに磁化が反平行状態となっている。よって、第 2 固定磁性層 531b の磁化はハイト方向と反平行方向に固定されている。本実施形態では、第 1 固定磁性層 531a の単位面積あたりの磁気モーメントが第 2 固定磁性層 531c の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きく、固定磁性層 531 の全体としての磁化方向は第 1 固定磁性層 531a の磁化方向に等しくなる。な

お、第2固定磁性層531c及び非磁性中間層531bの膜厚は、第2実施形態の第2固定磁性層231c及び非磁性中間層231bと同じである。

【0186】

上部非磁性金属膜540は、トラック幅方向及びハイト方向でGMR素子部（フリー磁性層533、非磁性材料層532、第2固定磁性層531c及び非磁性中間層531b）よりも長く形成されている。この上部非磁性金属膜540は、上部シールド層10と共に電極として機能する。上部非磁性金属膜540は、第2実施形態の上部非磁性金属膜240と同じ形成材料及び膜厚で形成することができる。

【0187】

フリー磁性層533の直下位置には、該フリー磁性層533よりもハイト方向で長くトラック幅方向でほぼ同じ長さを有する下部非磁性金属膜520が形成されている。下部非磁性金属膜520は、下部シールド層10と共に電極として機能するほか、GMR素子530を構成する各層を規則的に形成するシード層としても機能する。この下部非磁性金属膜520は、第2実施形態の下部非磁性金属膜220と同じ形成材料及び膜厚で形成することができる。本実施形態でもTa/Crによる2層構造で下部非磁性金属膜520を形成してある。

【0188】

フリー磁性層533から非磁性中間層531bまでの各層のハイト方向奥側では、ハイト方向奥側に延ばした第1固定磁性層531aと下部非磁性金属膜520の間がバックフィルギャップ層570によって埋められている。バックフィルギャップ層570は、Al₂O₃やSiO₂などの絶縁材料で形成されており、センス電流の分流を抑制する。

【0189】

次に、図27～図29に示すCPP-GMRヘッド501の製造方法の一実施形態について説明する。各層の形成材料及び膜厚は完成状態のCPP-GMRヘッド501と同一であるため、説明を省略する。

【0190】

先ず、下部シールド層10上に、下から順に下部非磁性金属膜520、フリー

磁性層 533、非磁性材料層 532、第2固定磁性層 531c 及び非磁性中間層 531b を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。なお、酸化されやすい磁性材料で非磁性中間層 531b を形成する場合には、非磁性中間層 531b 上に、該非磁性中間層 531b の表面酸化を防止する酸化防止層を 5 ~ 10 Å 程度の薄い膜厚で同時に形成しておくことが好ましい。

【0191】

次に、非磁性中間層 531b 上に、形成すべき GMR 素子 530 のトラック幅寸法 T_w を規定するレジスト層を形成する。

【0192】

レジスト層を形成したら、該レジストに覆われていない非磁性中間層 531b から下部非磁性金属膜 520 までの各層を例えばイオンミリングにより除去し、該除去部分に下部シールド層 10 を露出させる。この工程により、下部シールド層 10 のトラック幅方向のほぼ中央部上に、下部非磁性金属膜 520 から非磁性中間層 531b までの各層が残される。

【0193】

続いて、レジスト層を残したままの状態、下部非磁性金属膜 520 から非磁性中間層 531b までの各層のトラック幅方向の両側部に、第1絶縁層 61、バイアス下地層 62、ハードバイアス層 63 及び第2絶縁層 64 を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用い、成膜時のスパッタ粒子角度は下部非磁性金属膜 520 に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。成膜後は、レジスト層をリフトオフにより除去する。

【0194】

レジスト層を除去したら、非磁性中間層 531b 上に、形成すべき GMR 素子 530 の高さ寸法 h_1 を規定するレジスト層を形成し、該レジスト層に覆われていない非磁性中間層 531b、第2固定磁性層 531a、非磁性材料層 532 及びフリー磁性層 533 を例えばイオンミリングにより除去する。この工程により、非磁性中間層 531b、第2固定磁性層 531a、非磁性材料層 532 及びフリー磁性層 533 の高さ寸法は、GMR 素子 530 の高さ寸法 h_1 となる。

【0195】

GMR素子530のトラック幅寸法 T_w を規定する工程と高さ寸法 h_1 を規定する工程の順番は、逆であってもよい。

【0196】

続いて、上記レジスト層を残したままの状態、非磁性中間層531b、第2固定磁性層531a、非磁性材料層532及びフリー磁性層533のハイト方向奥側に、バックフィルギャップ層570を成膜する。バックフィルギャップ層570の成膜後は、レジスト層をリフトオフにより除去する。

【0197】

上記レジスト層を除去したら、非磁性中間層531b上に、第1固定磁性層531aの形成範囲を空間としたレジスト層を新たに形成する。そして、このレジスト層から露出している非磁性中間層531bの表面を例えば低エネルギーイオンビームエッチング又はプラズマ照射等によりクリーニングした後、第1固定磁性層531a及び上部非磁性金属膜540を連続成膜する。成膜後は、レジスト層をリフトオフにより除去する。

【0198】

ここで「低エネルギーイオンビームエッチング」とは、ビーム電圧（加速電圧）が1000V未満のイオンビームを用いたイオンミリングをいう。具体的に例えば、100～500Vのビーム電圧が用いられる。本実施形態では、200Vの低ビーム電圧のアルゴン（Ar）イオンビームを用いている。「低エネルギーイオンビームエッチング」の定義は、以下においても同じである。

【0199】

続いて、反強磁性層534の形成範囲を空間としたレジスト層を新たに上部非磁性金属膜540上に形成し、このレジスト層で覆われていない上部非磁性金属膜540及び第1固定磁性層531aの一部を例えばイオンミリングにより除去してから、該除去部分に反強磁性層534を成膜する。反強磁性層534の成膜後はレジスト層をリフトオフにより除去する。

【0200】

そして、上述の第2実施形態と同様に、ハイト方向の磁場中でアニール処理を行ない、上部非磁性金属膜540及び反強磁性層534上に上部シールド層50

を形成する。これにより、図27～図29に示すCPP-GMRヘッド501が完成する。

【0201】

以上のように第5実施形態では、GMR素子部（フリー磁性層533から非磁性中間層531bまでの各層）よりもハイト方向奥側に延ばした第1固定磁性層531aの上面にハイト方向奥側で接触し、この第1固定磁性層531aとの界面に交換結合磁界を発生させる反強磁性層534を備えている。よって、上述の第2～第4実施形態と同様に、第1固定磁性層531aと反強磁性層534の接触面積（交換結合磁界の発生する面積範囲）を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層531の磁化を固定することができる。ここで、第1固定磁性層531aと反強磁性層534の接触面積は、第1実施形態のように第1固定磁性層又は第2固定磁性層のいずれかのハイト方向奥側の端面に接する反強磁性層を備える場合よりも大きく、第1実施形態における第1固定磁性層33cと反強磁性層34の接触面積の500倍以上に相当している。

【0202】

第5実施形態では、第2～第4実施形態と同様に、逆磁歪効果による一軸異方性、形状異方性、及び下部非磁性金属膜520のシード効果によっても、第1固定磁性層531a及び第2固定磁性層531cの磁化固定が強化されている。このように第1固定磁性層531a及び第2固定磁性層531cの磁化が強固に固定されていれば、センス電流磁界の向きと第1固定磁性層531a及び第2固定磁性層531cの合成磁気モーメントの向きとが一致しなくても、発生したセンス電流磁界によって固定磁性層531の磁化がゆらぐことがないので、センス電流密度を高くして高出力化を図ることが可能である。

【0203】

また第5実施形態では、第2～第4実施形態と同様に、GMR素子530にセンス電流を流しても反強磁性層534が発熱することがなく、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。また図27に示す記録媒体との対向面でシールド間隔R-GLを図46に示す従来よりも狭くすることができ、高分解能化を図ることができる。

【0204】

図30～図36は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第6実施形態を示している。

【0205】

第6実施形態は、上述の第5実施形態と同様に、ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層531aの上面に接する反強磁性層534を備えたことを特徴としているが、第5実施形態とは異なる製造方法で形成されている。

【0206】

図30はCPP-GMRヘッド601の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図31はCPP-GMRヘッド601の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図32はGMR素子を上から見て示す模式平面図である。図30～図32において、図27～図29に示す第5実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0207】

CPP-GMRヘッド601では、上部非磁性金属膜640が、反強磁性層534の上面を覆う第1非磁性金属膜641と、この第1非磁性金属膜641及び第1固定磁性層531a上に形成された第2非磁性金属膜642により構成されている。第1非磁性金属膜641は、製造工程で行なうRIE（反応性イオンエッチング）時にストッパとして機能するもので、Crにより形成されている。この第1非磁性金属膜641と第2非磁性金属膜642の間には、メタルマスク層650が介在していてもしていなくてもよい。本実施形態の上部非磁性金属膜640と第5実施形態の上部非磁性金属膜540との形状及び構成の違いは、異なる製造方法によって生じた違いであり、上部非磁性金属膜としての効果には異なることがない。

【0208】

図33～図36を参照し、図30～図32に示すCPP-GMRヘッド601の製造方法の一実施形態について説明する。各層の形成材料及び膜厚は完成状態のCPP-GMRヘッド601と同一であるため、説明を省略する。

【0209】

先ず、第5実施形態と同様にして、下部シールド層10上に、下から順に下部非磁性金属膜520、フリー磁性層533、非磁性材料層532、第2固定磁性層531c及び非磁性中間層531bを連続成膜する。

【0210】

次に、非磁性中間層531b上に、形成すべきGMR素子530の高さ寸法h1を規定するレジスト層を形成する。

【0211】

レジスト層を形成したら、該レジストに覆われていない非磁性中間層531bから下部非磁性金属膜520の一部(Cr膜の一部)までを例えばイオンミリングにより除去し、該除去部分にバックフィルギャップ層570を形成してからレジスト層をリフトオフにより除去する。

【0212】

続いて、低エネルギーイオンミリング又はプラズマ照射により、非磁性中間層531b及びバックフィルギャップ層570の表面をクリーニングする。そして、図33に示すように、クリーニング後の非磁性中間層531b及びバックフィルギャップ層570上に、第1固定磁性層531a、反強磁性層534及び第1非磁性金属膜641を連続成膜する。第1非磁性金属膜641は、後のRIE工程時にストッパとして機能するものである。この第1非磁性金属膜641は、Cr膜641aとTa膜641bによる2層構造で成膜しておく。

【0213】

続いて、反強磁性層534の形成範囲を空間とするレジスト層を第1非磁性金属膜641上に形成してから、メタルマスク層650を成膜し、リフトオフにより不要なメタルマスク層650とレジスト層を除去する。これにより、図34に示すように、反強磁性層534の形成範囲にメタルマスク層650が形成される。このメタルマスク層650は、例えばCrにより形成することができる。

【0214】

メタルマスク層650を形成したら、図35に示すように、露出しているTa膜641aをRIEにより除去する。エッチングガスとしては、CF₄、C₃F₈、ArとCF₄の混合ガス、ArとC₃F₈の混合ガスを使用する。RIEは、第

1 非磁性金属膜 641 の Cr 膜 641 b が露出した時点で終了させる。この R I E 工程により、第 1 非磁性金属膜 641 の Ta 膜 641 a はメタルマスク層 650 の直下位置にのみ残る。

【0215】

続いて、図 36 に示すように、反強磁性層 534 の形成範囲に存在するメタルマスク層 650 及び第 1 非磁性金属膜 641 の Ta 膜 641 b をマスクとして、不要な反強磁性層 534 をイオンミリングにより除去する。このイオンミリング工程は、第 1 固定磁性層 531 a の上面が露出した時点又は第 1 固定磁性層 531 a の一部を除去した時点で終了させる。この工程時には、マスクとして用いたメタルマスク 650 も削られるから、第 1 非磁性金属膜 641 の Ta 膜 641 b と Cr 膜 641 a 及びメタルマスク 650 の一部が反強磁性層 534 の上面に残る。あるいは、メタルマスク 650 及び Ta 膜 641 b がすべて削られ、Cr 膜 641 a だけが反強磁性層 534 の上面に残ってもよい。本実施形態では、第 1 非磁性金属膜 641 及びメタルマスク 650 の一部を反強磁性層 534 の上面に残している。

【0216】

イオンミリング終了後は、露出している第 1 固定磁性層 531 a 上とメタルマスク 650 又は第 1 非磁性金属膜 641 上に、反強磁性層 534 を跨いで、第 2 非磁性金属膜 642 を成膜する。第 2 非磁性金属膜 642 は、上記第 5 実施形態の上部非磁性金属膜 540 と同じ形成材料によって形成する。

【0217】

続いて、ハイト方向に対して反平行方向をなす磁場中でアニール処理を行ない、反強磁性層 534 と第 1 固定磁性層 531 a の間に交換結合磁界を発生させる。このとき、アニール温度は例えば 270℃程度であり、印加磁界の大きさは 800 kA/m 程度である。磁場中アニール処理により、第 1 固定磁性層 531 a の磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定され、第 2 固定磁性層 531 c の磁化方向はハイト方向に固定される。図 30 に示す矢印方向は、第 1 固定磁性層 531 a 及び第 2 固定磁性層 531 c の磁化方向をそれぞれ示している。

【0218】

上記磁場中アニール処理は、形成すべき GMR 素子 530 のトラック幅寸法を規定した後に行なってもよい。

【0219】

アニール処理後は、第2上部非磁性金属膜642上に、形成すべき GMR 素子 530 のトラック幅寸法 T_w を規定するレジスト層を形成し、このレジスト層に覆われていない第2上部非磁性金属膜642、第1固定磁性層531a、非磁性中間層531b、第2固定磁性層531c、非磁性材料層532、フリー磁性層533及び下部非磁性金属膜520を例えばイオンミリングにより除去する。この工程により、下部シールド層10のトラック幅方向のほぼ中央部上に、下部非磁性金属膜520と、第1固定磁性層331aからフリー磁性層333までの各層で構成される GMR 素子330と、第2上部非磁性金属膜642とが残される。なお、GMR 素子530の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい。

【0220】

そして、上記レジスト層を残した状態のまま、GMR 素子530の両側端面にかけて第1絶縁層61、バイアス下地層62、ハードバイアス層63及び第2絶縁層64を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。スパッタ成膜時のスパッタ粒子角度は、下部シールド層10に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。成膜後は、レジスト層をリフトオフにより除去する。

【0221】

レジスト層を除去したら、上部シールド層を形成するための前処理として、例えばCMP加工又はイオンミリング等により第2上部非磁性金属膜642及び第2絶縁層64の上面を平坦化した後、第2上部非磁性金属膜642及び第2絶縁層64上に、上部シールド層50を成膜する。これにより、図30～図32に示される CPP-GMR ヘッド601が完成する。

【0222】

本第6実施形態によっても、上記第5実施形態と全く同様の効果が得られる。

【0223】

図37～図39は、本発明による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド (CPP-

GMRヘッド)の第7実施形態を示している。

【0224】

第7実施形態は、第1固定磁性層だけでなく固定磁性層全体(第1固定磁性層、非磁性中間層及び第2固定磁性層のすべて)がGMR素子部(フリー磁性層及び非磁性材料層)よりもトラック幅方向及びハイト方向に長く形成されている点で、第5及び第6実施形態と異なる。ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の上面に接する反強磁性層を備えた点では、第5及び第6実施形態と同じである。

【0225】

図37はCPP-GMRヘッド701の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図38はCPP-GMRヘッド701の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図39はGMR素子を上から見て示す模式平面図である。図37～図39において、図27～図29に示す第5実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0226】

GMR素子730は、下から順番にフリー磁性層733、非磁性材料層732第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aを有している。このフリー磁性層733、非磁性材料層732第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aは、第5実施形態のフリー磁性層533、非磁性材料層532第2固定磁性層531c、非磁性中間層531b及び第1固定磁性層531aにそれぞれ対応しており、第5実施形態と同じ形成材料及び膜厚で形成されている。

【0227】

第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aは、上述したようにGMR素子部(フリー磁性層733及び非磁性材料層732)よりもトラック幅方向及びハイト方向に長く延ばして形成されている。これにより、第1固定磁性層731aと第2固定磁性層731cの間には、GMR素子部外であっても、非磁性中間層731bを介したRKKY的相互作用による結合磁界が生じている。よって、第1固定磁性層531aのみを長く形成した第5実

施形態よりも、第2固定磁性層731cの磁化を強固に固定することができ、固定磁性層731の磁化固定がさらに強まる。

【0228】

反強磁性層734は、第5実施形態と同様に、第1固定磁性層731aとの界面に交換結合磁界を発生させ、この交換結合磁界によって第1固定磁性層731aの磁化をハイト方向と反平行方向に固定する。第2固定磁性層531bの磁化は、非磁性中間層531bを介したRKKY的相互作用により第1固定磁性層531aの磁化とは反平行状態となり、ハイト方向に固定される。

【0229】

また第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aは、その高さ寸法 h_2 がトラック幅寸法 T_w' よりも大きく、形状異方性によってもハイト方向に平行な方向に磁化が安定化されている。

【0230】

以上のCPP-GMRヘッド701は、上述した第5実施形態の製造方法を応用して形成することができる。具体的に説明すると、先ず、GMR素子を構成する層の一部を下部シールド層10上に成膜する工程では、非磁性材料層732までを連続成膜しておく。次に、第5実施形態と同様にして、形成すべきGMR素子730のトラック幅寸法 T_w を規定する工程から、形成すべきGMR素子730の高さ寸法 h_1 を規定する工程までを順次行なう。そして、GMR素子を構成する層の残部を成膜する工程では、非磁性材料層732、バックフィルギャップ層770及び第2絶縁層64上に、第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aを連続成膜する。第1固定磁性層731aを成膜した後の工程は、第5実施形態とすべて同一である。

【0231】

以上のように第7実施形態では、第1固定磁性層731aだけでなく第1固定磁性層731a、非磁性中間層731b及び第2固定磁性層731cのすべてがGMR素子部（フリー磁性層733及び非磁性材料層732）よりもトラック幅方向及びハイト方向に長く形成されているので、上述の第5実施形態及び第6実施形態よりも、RKKY的相互作用による第1固定磁性層731aと第2固定磁

性層 731c の磁化結合が強まり、固定磁性層 731 全体としての磁化固定がより強化される。

【0232】

また第7実施形態では、第2固定磁性層 731c と非磁性中間層 731b と第1固定磁性層 731a が連続成膜されているので、不純物や外気などによって積層界面が汚染される虞がなく、RKKY 的相互作用によって第1固定磁性層 731a と第2固定磁性層 731c の間に生じる結合磁界の劣化を防止することができる。これにより、固定磁性層 731 の磁化固定をさらに強化できる。

【0233】

図40～図42は、本発明による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMR ヘッド）の第8実施形態を示している。

【0234】

第8実施形態は、第7実施形態と同様に、固定磁性層全体が GMR 素子部よりもトラック幅方向及びハイト方向に長く形成され、ハイト方向奥側に延長させた第1固定磁性層の上面に接する反強磁性層を備えたことを特徴としているが、第7実施形態とは異なる製造方法で形成されている。

【0235】

図40は CPP-GMR ヘッド 801 の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図41は CPP-GMR ヘッド 801 の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図42は GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。図40～図42において、図37～図39に示す第7実施形態と同一の符号を付した層の機能、形成材料及び膜厚は同じである。

【0236】

CPP-GMR ヘッド 801 では、上部非磁性金属膜 840 が、反強磁性層 734 の上面を覆う第1非磁性金属膜 841 と、この第1非磁性金属膜 841 及び第1固定磁性層 731a 上に形成された第2非磁性金属膜 842 により構成されている。第1非磁性金属膜 841 は、製造工程で行なう RIE（反応性イオンエッチング）時にストッパとして機能するもので、Cr により形成されている。この第1非磁性金属膜 841 と第2非磁性金属膜 842 の間には、第6実施形態

と同様に、メタルマスク層が介在していてもいていなくてもよい。第1非磁性金属膜841と第2非磁性金属膜842は、第6実施形態の第1非磁性金属膜641及び第2非磁性金属膜642にそれぞれ対応しており、第6実施形態と同じ形成材料及び膜厚で形成されている。本実施形態の上部非磁性金属膜840と第7実施形態の上部非磁性金属膜740との形状及び構成の違いは、異なる製造方法によって生じた違いであり、上部非磁性金属膜としての効果には異なることがない。

【0237】

このCPP-GMRヘッド801は、上述した第6実施形態の製造方法を応用して形成することができる。具体的に説明すると、まず、GMR素子を構成する層の一部を下部シールド層10上に成膜する工程では、非磁性材料層732までを連続成膜しておく。次に、第6実施形態と同様にして、形成すべきGMR素子730の高さ寸法h1を規定する工程から、低エネルギーイオンビームエッチング等により表面クリーニングする工程までを順次行なう。そして、GMR素子を構成する層の残部を成膜する工程では、非磁性材料層732及びバックフィルギャップ層770上に、第2固定磁性層731c、非磁性中間層731b及び第1固定磁性層731aを連続成膜する。第1固定磁性層731aを成膜した後の工程は、第6実施形態とすべて同一である。

【0238】

この第8実施形態によっても、上記第7実施形態と全く同様の効果を得ることができる。

【0239】

図43～図45は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド(CPP-GMRヘッド)の第9実施形態を示している。

【0240】

第9実施形態は、上記説明した第1～第8実施形態のようなシングルスピンバルブタイプではなく、デュアルスピンバルブタイプのCPP-GMRヘッドに本発明を適用したものである。

【0241】

図43はCPP-GMRヘッド901の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図44はCPP-GMRヘッド901の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図45はGMR素子を上から見て示す模式平面図である。

【0242】

CPP-GMRヘッド901は、図15～図17に示す第3実施形態の構造と図37～図39に示す第7実施形態の構造を上下に組み合わせた積層構造を有するデュアルスピバルブタイプである。図43～図45において、図7～図9に示す第2実施形態及び図37～図39に示す第7実施形態と同一の符号を付した層の機能、形状、形成材料及び膜厚は同じである。CPP-GMRヘッド901の各層については、図15～図17に示す第3実施形態及び図36～図38に示す第7実施形態でそれぞれ説明してあるので、そちらを参照されたい。なお、本実施形態では、上部非磁性金属膜540が反強磁性層734上及びバックフィルギャップ層770上まで延びて形成されているが、上部非磁性金属膜240としての効果には異なるところがない。

【0243】

このCPP-GMRヘッド901は、第3実施形態と同じ製造方法で下部シールド層10上に、下部非磁性金属膜220からバックフィルギャップ層770までを形成した後、第7実施形態と同じ製造方法で第2固定磁性層731cから上部シールド層10までを形成することにより、得られる。

【0244】

本第9実施形態によっても、上記第2～第8実施形態と同様に固定磁性層231、731の磁化を強固に固定することができ、センス電流密度を高くして高出力化を図ることが可能である。また、センス電流を流しても反強磁性層234、734が発熱することがなく、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。さらに図44に示す記録媒体との対向面でシールド間隔R-G Lを図46に示す従来よりも狭くすることができ、高分解能化を図ることができる。

【0245】

上記各実施形態のCPP-GMRヘッドは、再生用薄膜磁気ヘッドのみでなく、この再生用薄膜磁気ヘッド上にさらに記録用のインダクティブヘッドを積層し

た録再用薄膜磁気ヘッドにも適用可能である。

【0246】

【発明の効果】

本発明によれば、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下に、フリー磁性層又は固定磁性層に直接接し、これらフリー磁性層及び固定磁性層よりも十分広い面積で形成された大面積非磁性金属膜がそれぞれ備えられているので、下部シールド層及び上部シールド層におけるセンス電流の集中を緩和することができ、下部シールド層及び上部シールド層のAMR効果によるノイズを低減可能である。また本発明によれば、大面積非磁性金属膜がシールド間隔の(1/4)以上の膜厚で形成されているので、センス電流は、大面積非磁性金属膜を流れやすく、下部シールド層及び上部シールド層にはほとんど流れない。これにより、下部シールド層及び上部シールド層ではAMR効果が生じず、また生じてAMR効果によるノイズは小さく抑えられる。

【0247】

また本発明によれば、巨大磁気抵抗素子よりもハイト方向奥側に、固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層が備えられているので、センス電流の流れる電流経路に反強磁性層は存在せず、センス電流を流しても反強磁性層が発熱することはない。よって、センス電流を流したときに発生するジュール熱が大幅に減少し、この結果、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。

【0248】

さらに本発明によれば、固定磁性層の少なくとも一部が巨大磁気抵抗素子よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されていて、この延長させた固定磁性層の上面または下面に、巨大磁気抵抗素子よりもハイト方向奥側に備えられた反強磁性層が接触しているので、固定磁性層のハイト方向奥側の端面に接する反強磁性層を備える場合よりも、固定磁性層と反強磁性層の接触面積(交換結合磁界が生じる面積範囲)を広く確保でき、安定且つ強固に固定磁性層の磁化を固定することができる。

【0249】

また本発明によれば、固定磁性層が正の磁歪定数を有する磁性材料により形成

され、該固定磁性層の記録媒体との対向面側の端面が開放されているので、逆磁歪効果によっても固定磁性層の磁化固定が強化される。また固定磁性層がトラック幅方向よりもハイト方向に長く形成されているので、形状異方性によっても固定磁性層の磁化固定が強化される。これにより、センス電流磁界の向きと固定磁性層の磁気モーメント（合成磁気モーメント）の向きとが一致していなくても、センス電流磁界によって固定磁性層の磁化がゆらぐ、センス電流密度を高くして高出力化を図ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態であるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド（C P P－G M Rヘッド）の構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

【図2】

図1の上部大面積非磁性金属膜及び下部大面積非磁性金属膜とG M R素子の形成範囲を示すX Y平面図である。

【図3】

図1のIII－III線に沿って切断した断面図である。

【図4】

上部シールド層から下部シールド層に向かってセンス電流を流したときに生じる電流経路を示す概念図である。

【図5】

図1に示すC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を示す縦断面図である。

【図6】

図1とは別の態様で反強磁性層を設けたC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

【図7】

本発明の第2実施形態によるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 8】

図 7 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 9】

図 7 に示す G M R 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 10】

図 7 ～ 図 9 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、（a）記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、（b）素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 11】

図 10 に示す工程後に行なう一工程を、（a）記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、（b）素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 12】

図 11 に示す工程後に行なう一工程を、（a）記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、（b）素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 13】

図 12 に示す工程後に行なう一工程を、（a）記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、（b）素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 14】

センス電流磁界の向きと固定磁性層の合成磁気モーメントの向きを説明する模式図である。

【図 15】

本発明の第 3 実施形態による C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 16】

図 15 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側

から見て示す部分断面図である。

【図 17】

図 15 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 18】

図 15 ～ 図 17 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 19】

図 18 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 20】

図 19 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 21】

本発明の第 4 実施形態による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 22】

図 21 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 23】

図 21 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 24】

第 1 固定磁性層と磁歪増強層とが整合しつつ、その結晶構造に歪みが生じている様子を示す模式図である。

【図 25】

図 21 ～ 図 23 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 26】

図 25 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 2 7】

本発明の第 5 実施形態による C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 2 8】

図 2 7 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 2 9】

図 2 7 に示す G M R 素子を上から見て示す平面図である。

【図 3 0】

本発明の第 6 実施形態による C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 3 1】

図 3 0 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 3 2】

図 3 0 に示す G M R 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 3 3】

図 3 0 ～図 3 2 に示す C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 3 4】

図 3 3 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 3 5】

図 3 4 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 3 6】

図 3 5 に示す工程後に行なう一工程を、素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 3 7】

本発明の第7実施形態によるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図38】

図37に示すC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図39】

図37に示すGMR素子を上から見て示す模式平面図である。

【図40】

本発明の第8実施形態によるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図41】

図40に示すC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図42】

図40に示すGMR素子を上から見て示す模式平面図である。

【図43】

本発明の第9実施形態によるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図44】

図43に示すC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図45】

図43に示すGMR素子を上から見て示す模式平面図である。

【図46】

従来のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

【符号の説明】

- 1 C P P-GMRヘッド (C P P型巨大磁気抵抗効果ヘッド)

- 1 0 下部シールド層
- 2 0 下部大面積非磁性金属膜
- 3 0 GMR素子 (巨大磁気抵抗効果素子)
- 3 1 フリー磁性層
- 3 2 非磁性材料層
- 3 3 固定磁性層
- 3 3 a 第2固定磁性層
- 3 3 b 非磁性中間層
- 3 3 c 第1固定磁性層
- 3 4 反強磁性層
- 4 0 上部大面積非磁性金属膜
- 5 0 上部シールド層
- 6 1 第1絶縁層
- 6 2 バイアス下地層
- 6 3 ハードバイアス層
- 6 4 第2絶縁層
- 2 0 1、3 0 1、4 0 1 CPP-GMRヘッド
- 2 2 0、5 2 0 下部非磁性金属膜
- 2 3 0、3 3 0、5 3 0、7 3 0 GMR素子
- 2 3 1、3 3 1、5 3 1、7 3 1 固定磁性層
- 2 3 1 a、3 3 1 a、5 3 1 a、7 3 1 a 第1固定磁性層
- 2 3 1 b、3 3 1 b、5 3 1 b、7 3 1 b 非磁性中間層
- 2 3 1 c、3 3 1 c、5 3 1 c、7 3 1 c 第2固定磁性層
- 2 3 2、3 3 2、5 3 2、7 3 2 非磁性材料層
- 2 3 3、3 3 3、5 3 3、7 3 3 フリー磁性層
- 2 3 4、3 3 4、5 3 4、7 3 4 反強磁性層
- 2 4 0、5 4 0、6 4 0、8 4 0 上部非磁性金属膜
- 2 7 1 第1バックフィルギャップ層
- 2 7 2 第2バックフィルギャップ層

370、570、770 バックフィルギャップ層

434 磁歪増強層

440 Ru層

501、601、701、801 CPP-GMRヘッド

641、841 第1上部非磁性金属膜

641a Ta膜

641b Cr膜

642、842 第2上部非磁性金属膜

650 メタルマスク層

901 CPP-GMRヘッド

R1、R2、R3 レジスト層

Tw GMR素子のトラック幅寸法

Tw' 固定磁性層のトラック幅寸法

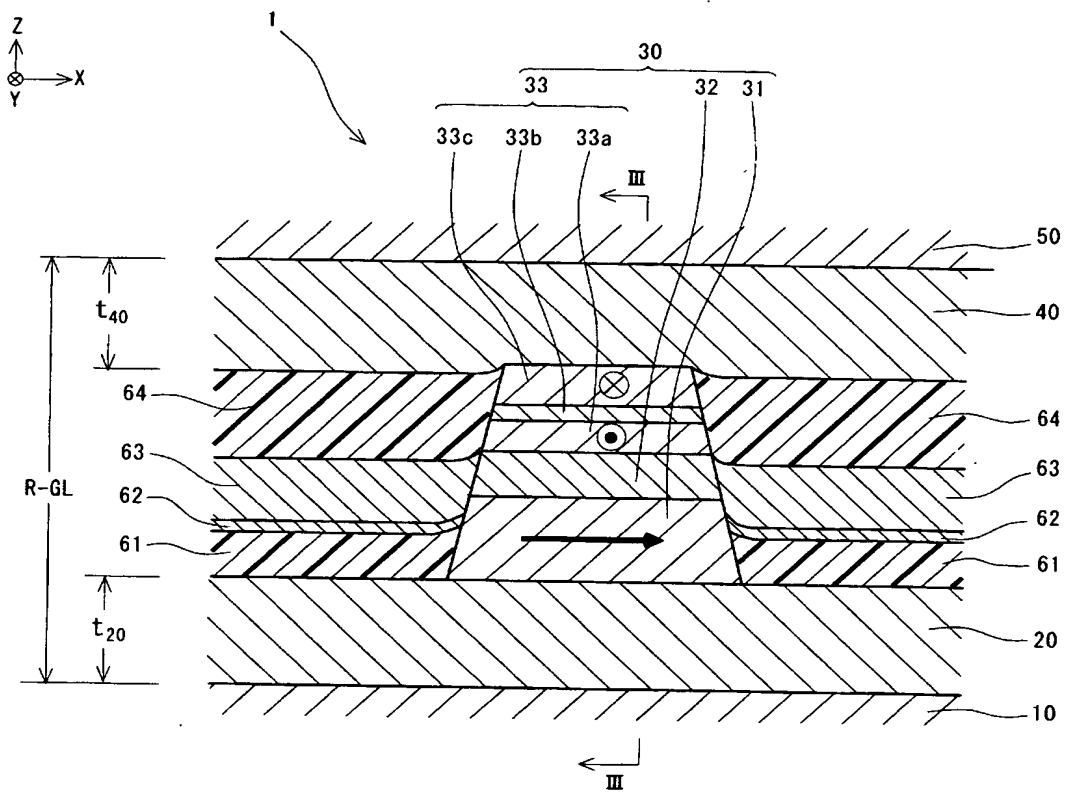
h1 GMR素子の高さ寸法

h2 固定磁性層の高さ寸法

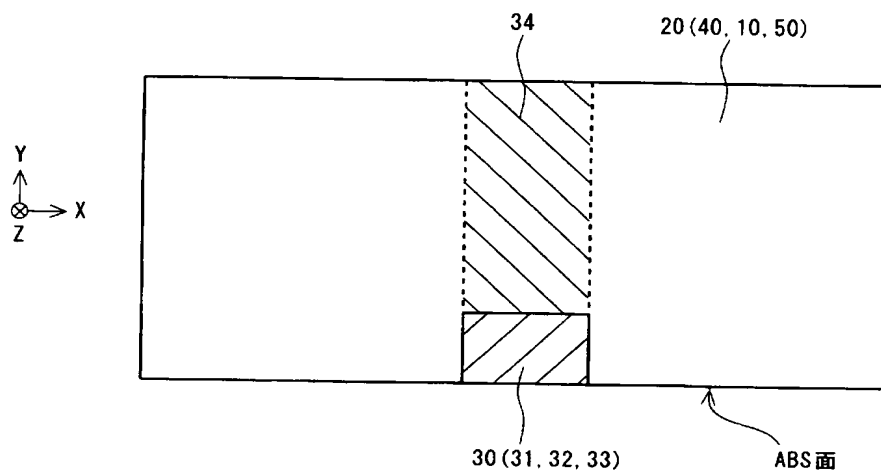
【書類名】

図面

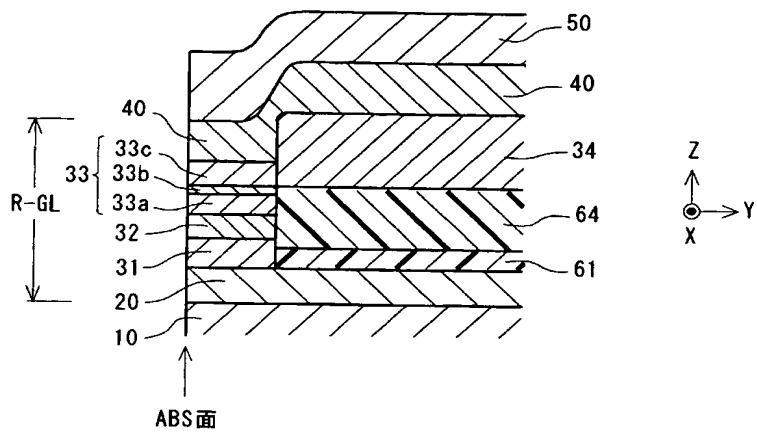
【図 1】



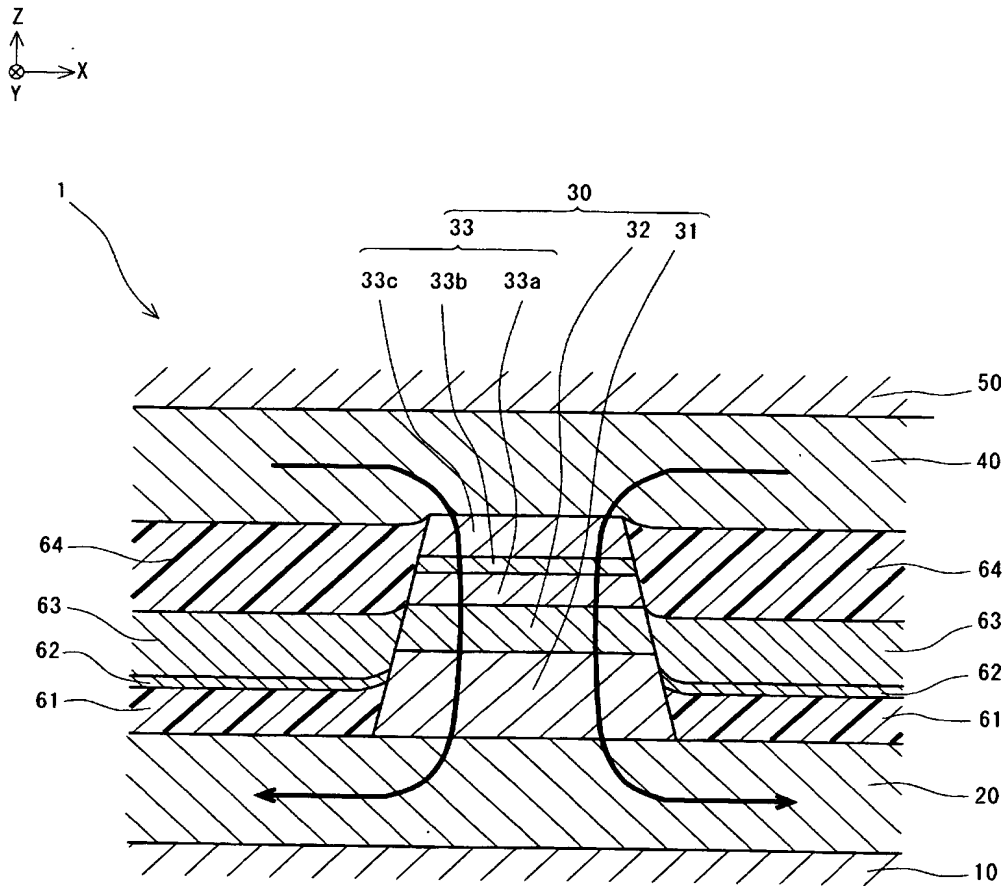
【図 2】



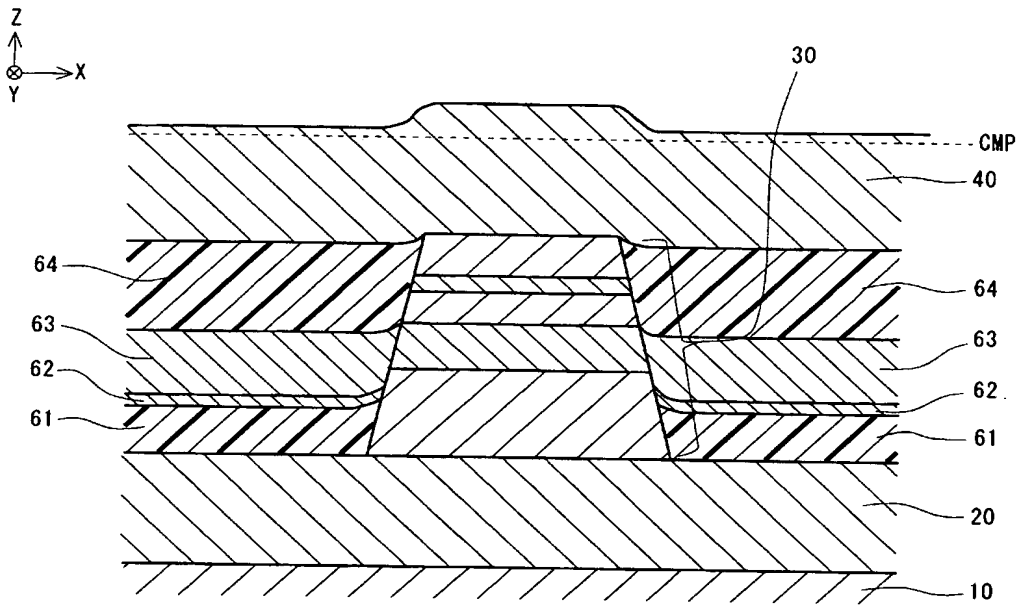
【図 3】



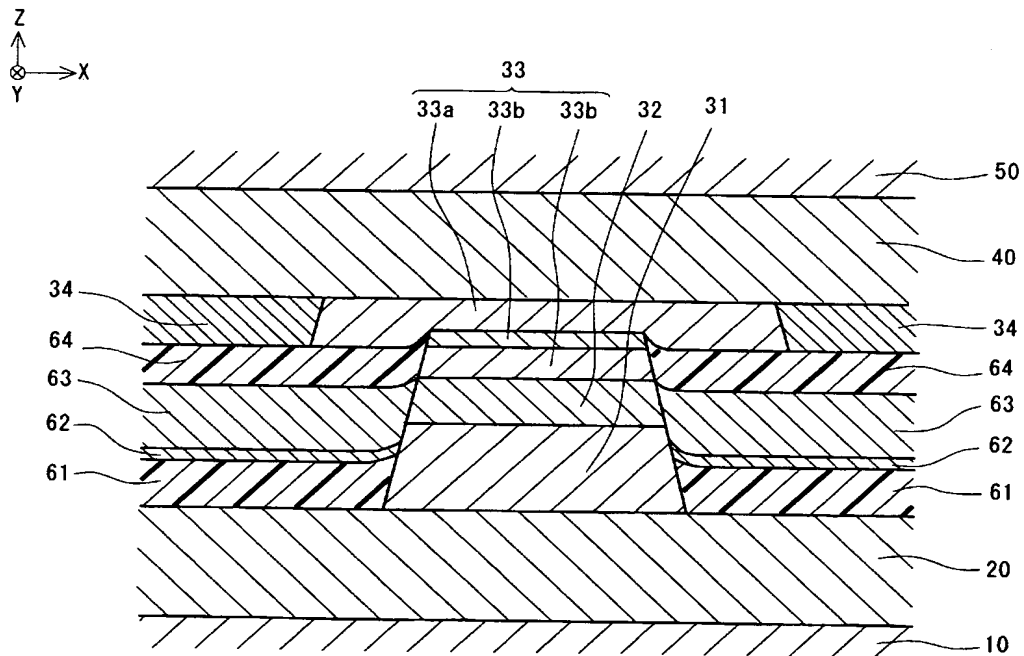
【図 4】



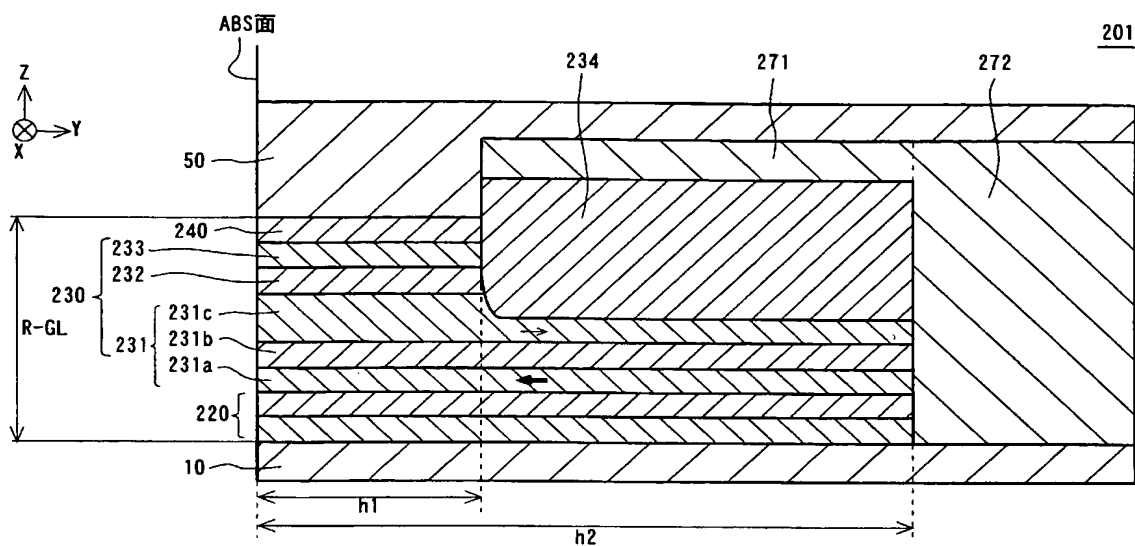
【図 5】



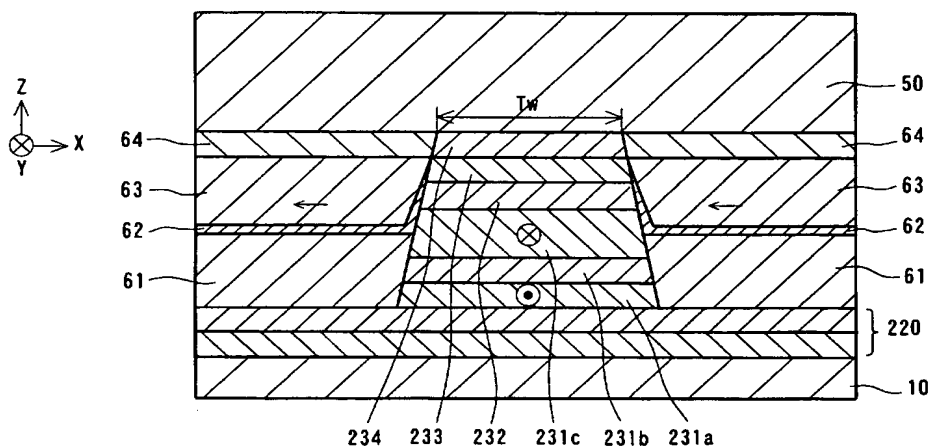
【図 6】



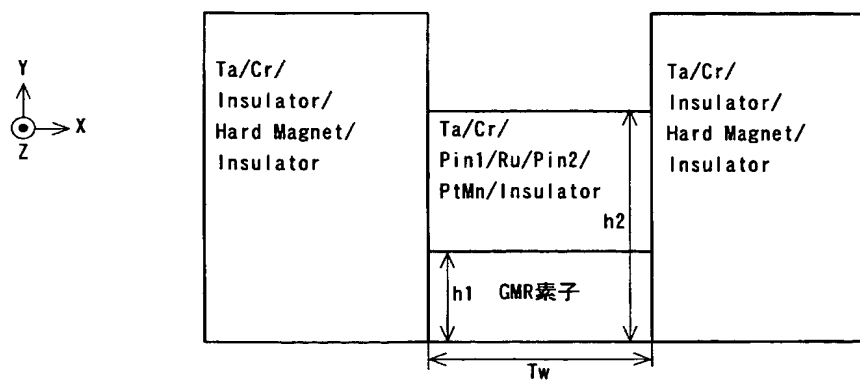
【図 7】



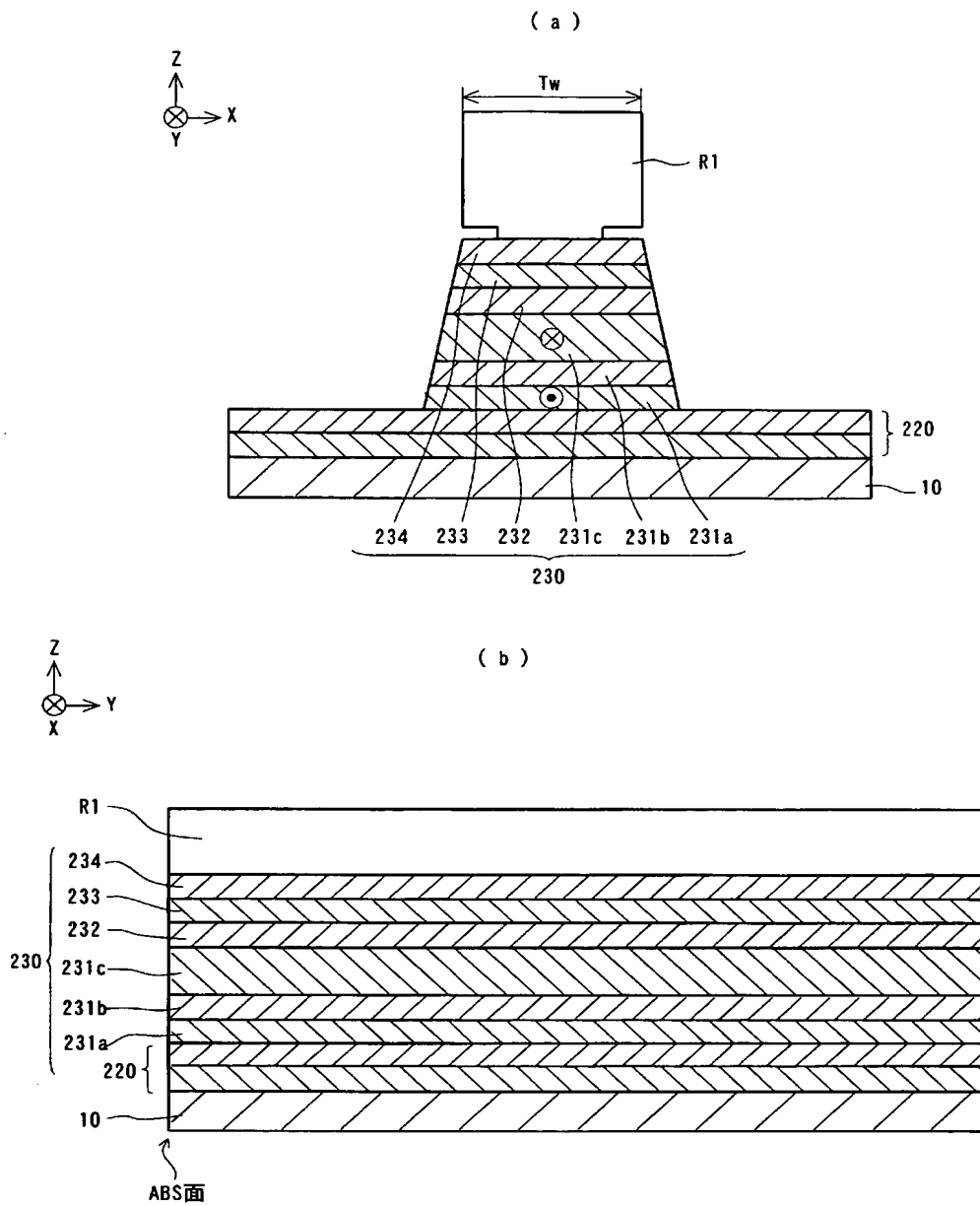
【圖 8】



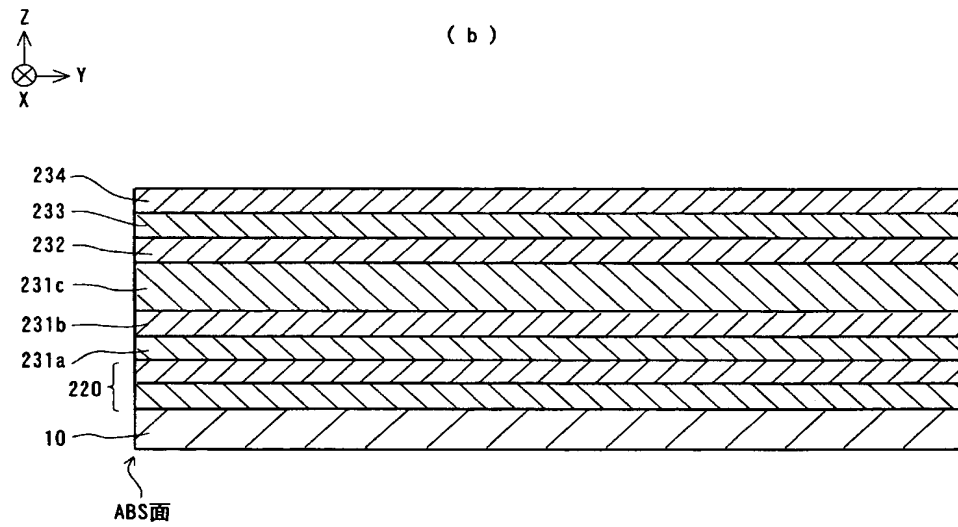
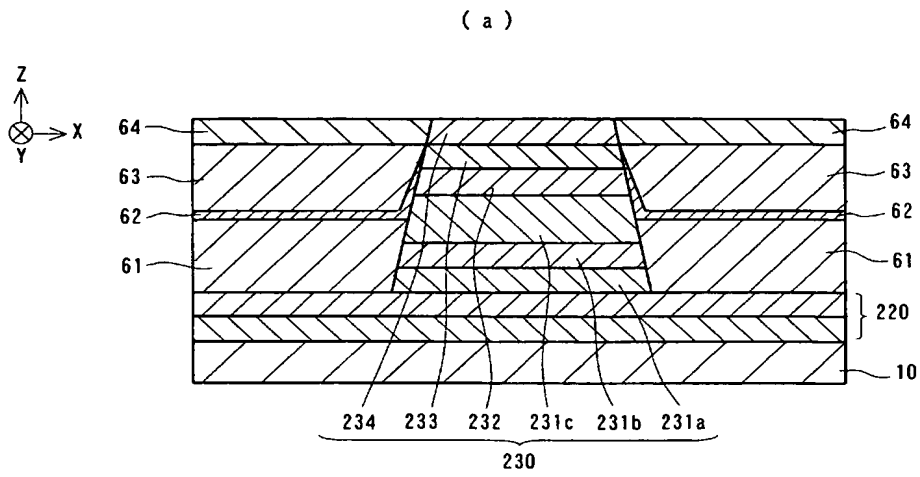
【図 9】



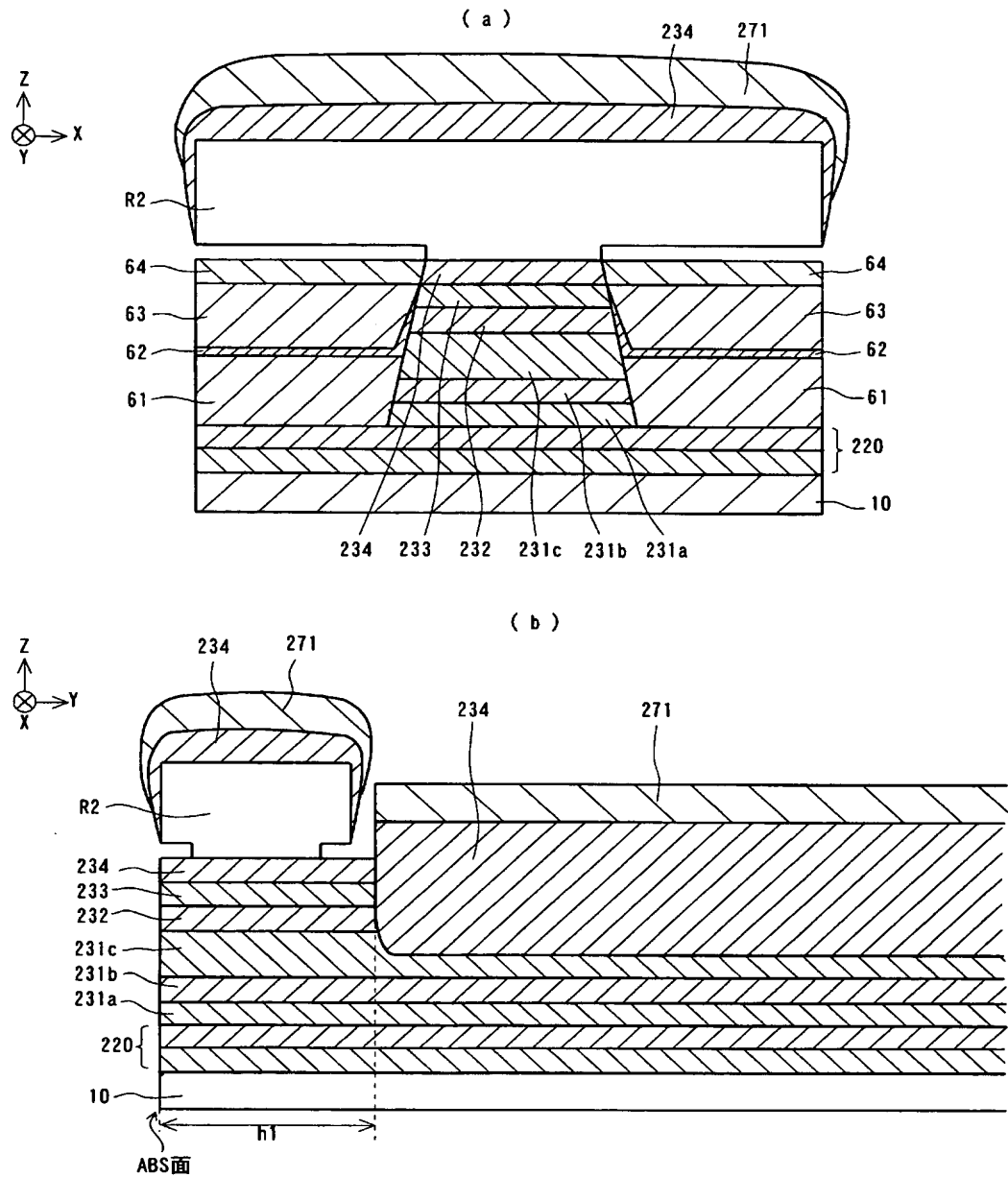
【図 10】



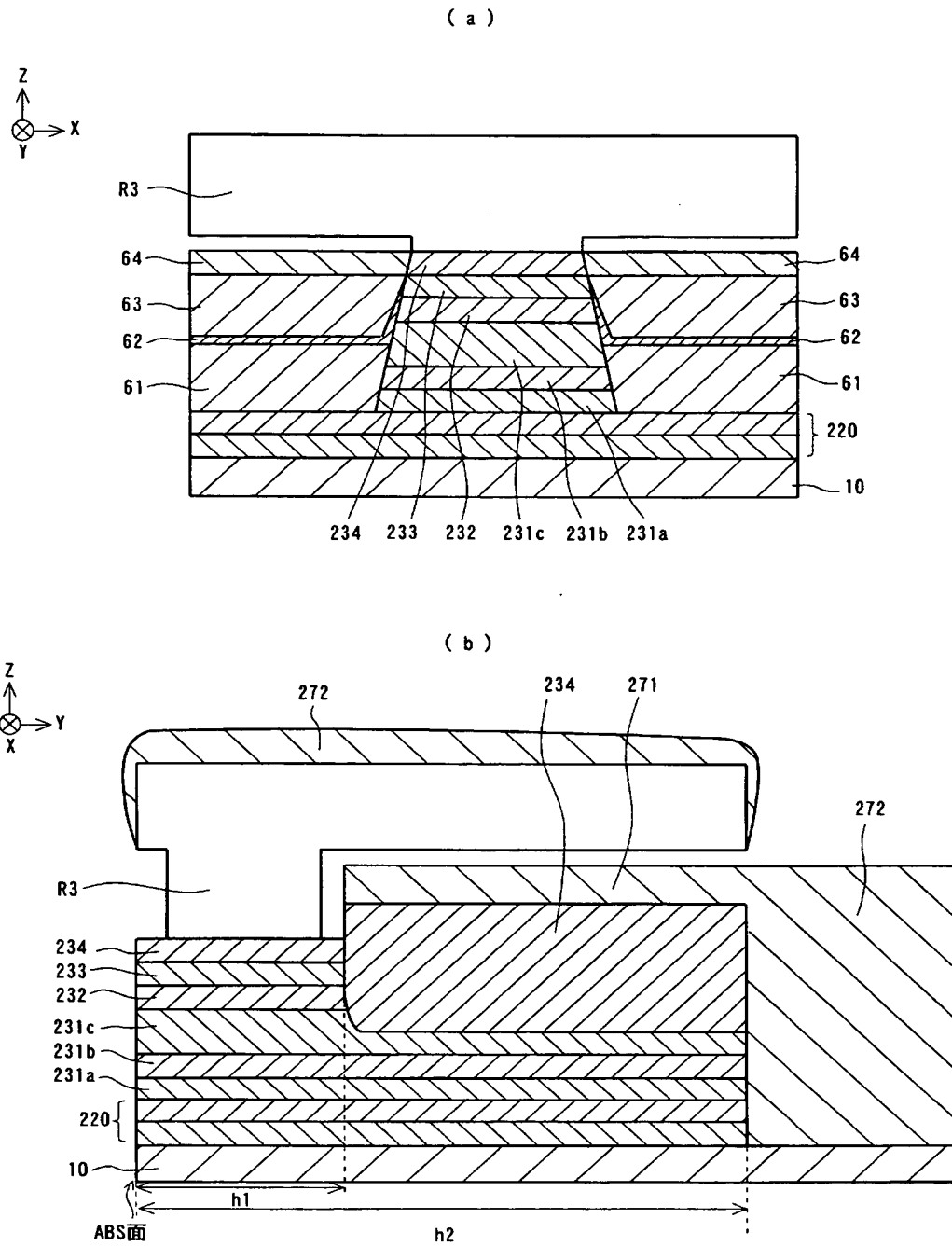
【図 11】



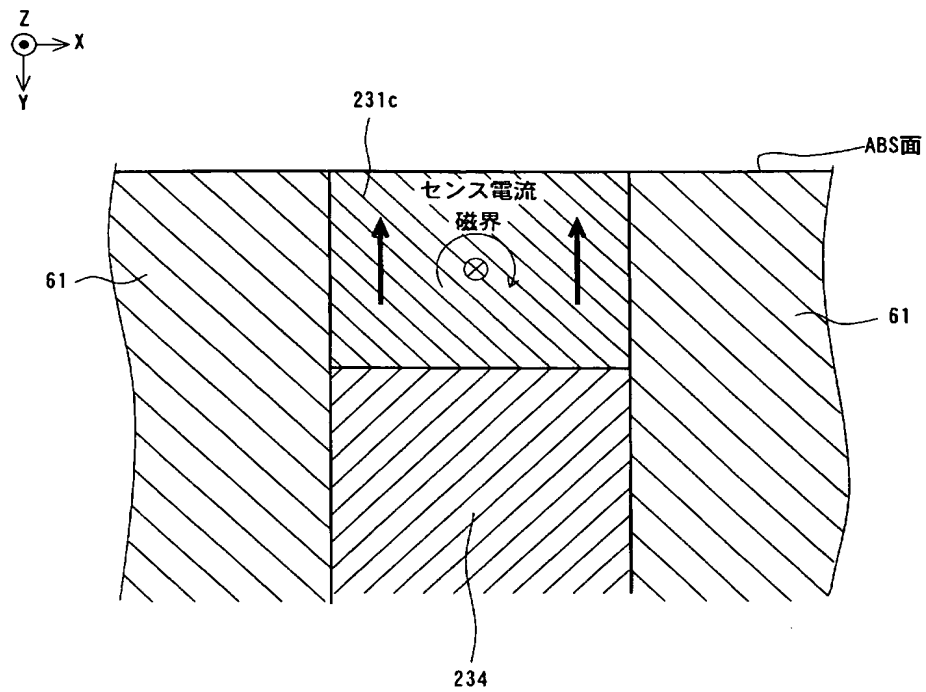
【図 12】



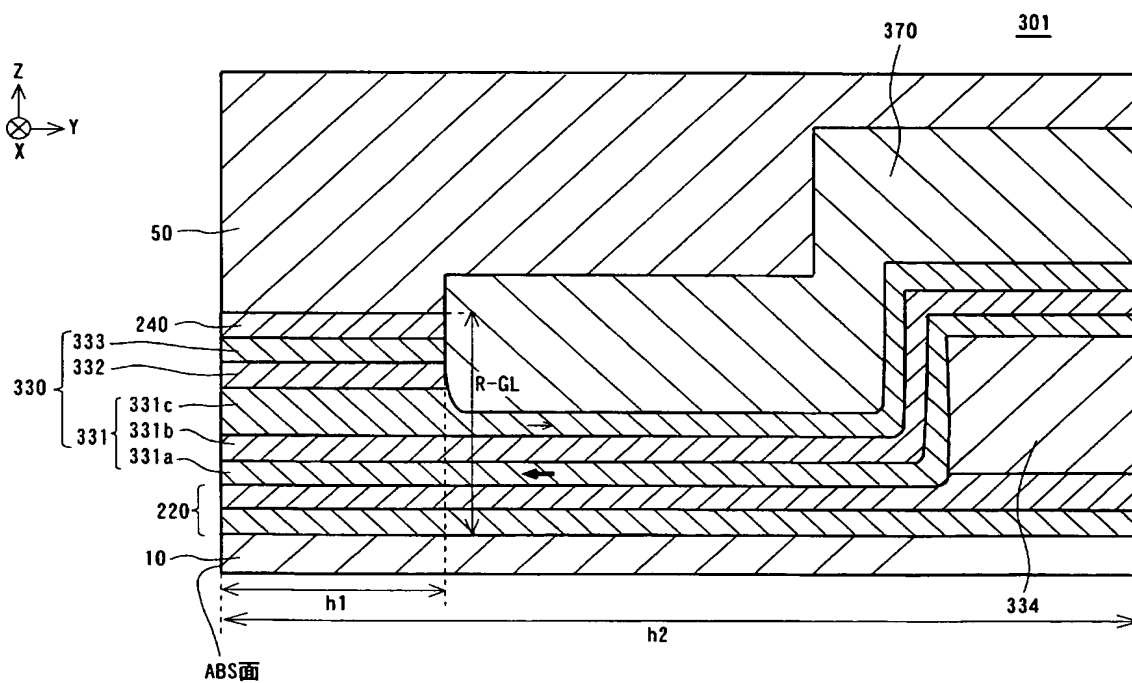
【図 13】



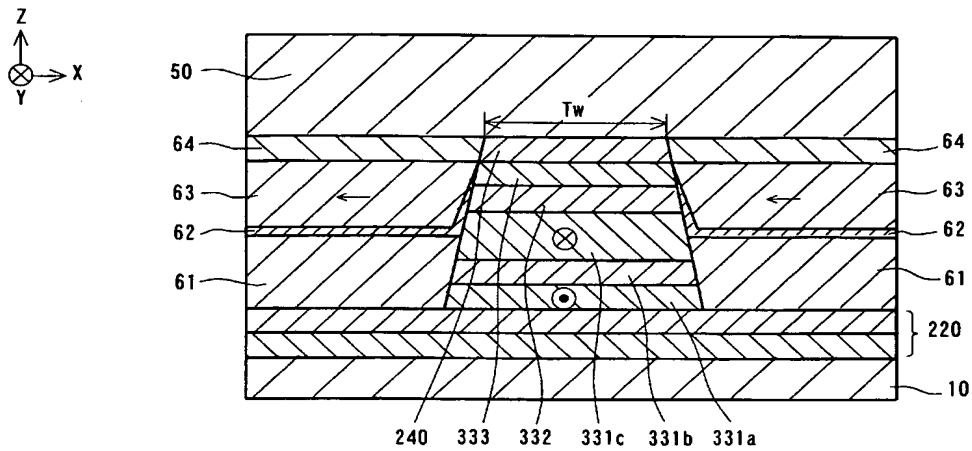
【図 14】



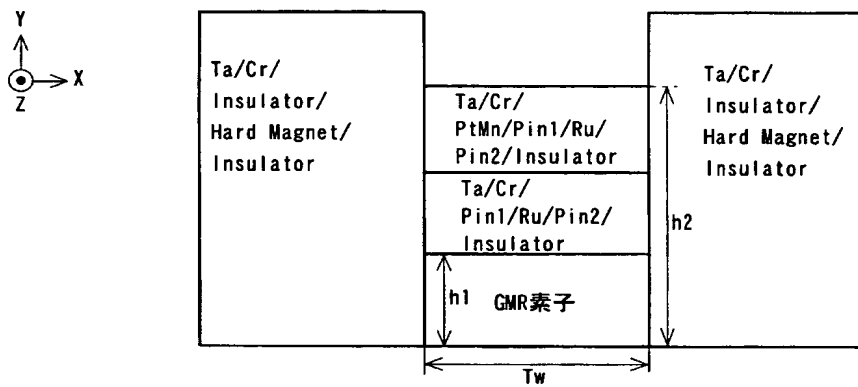
【図 15】



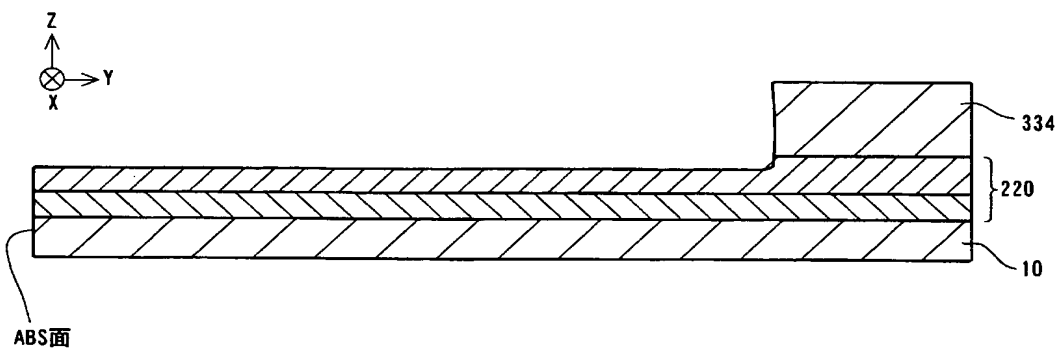
【図 16】



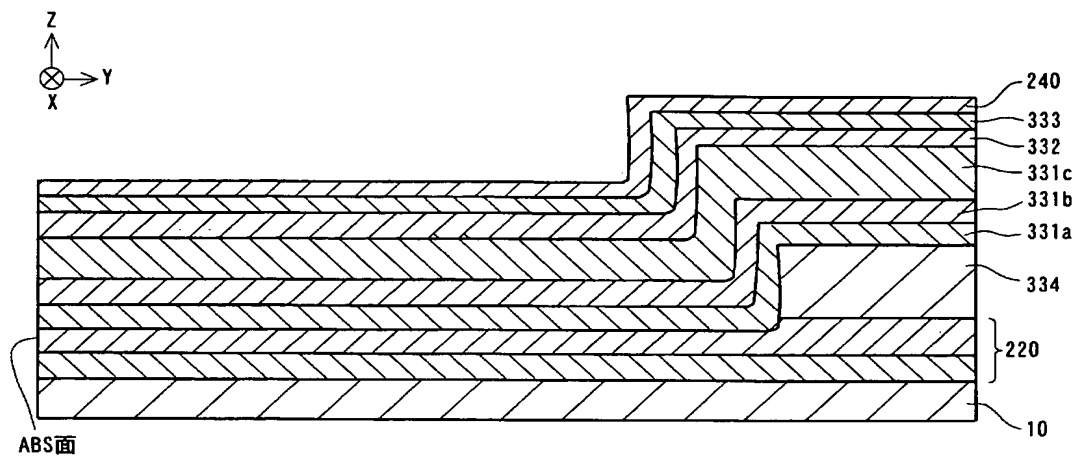
【図 17】



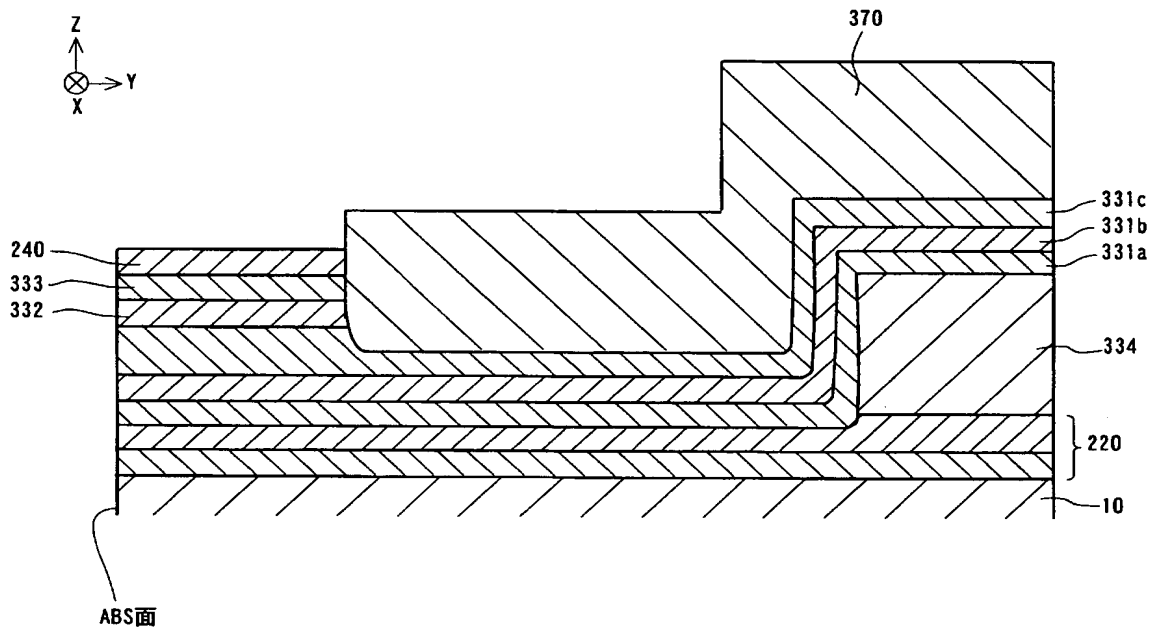
【図 18】



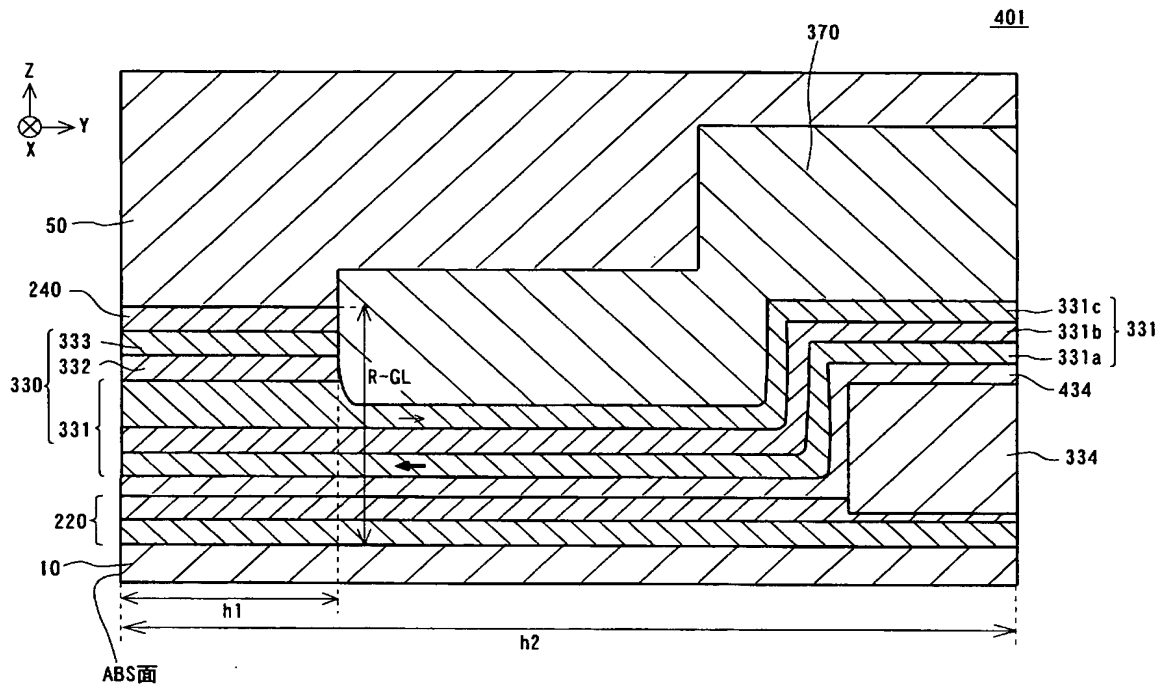
【図 19】



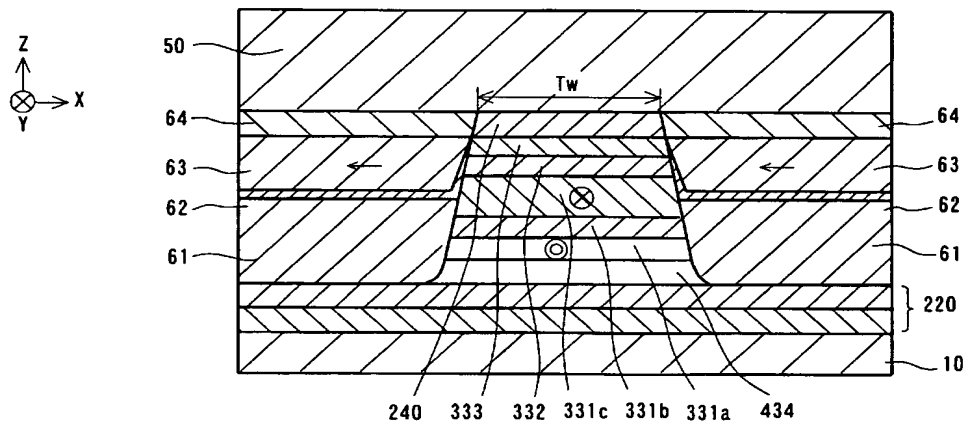
【図 20】



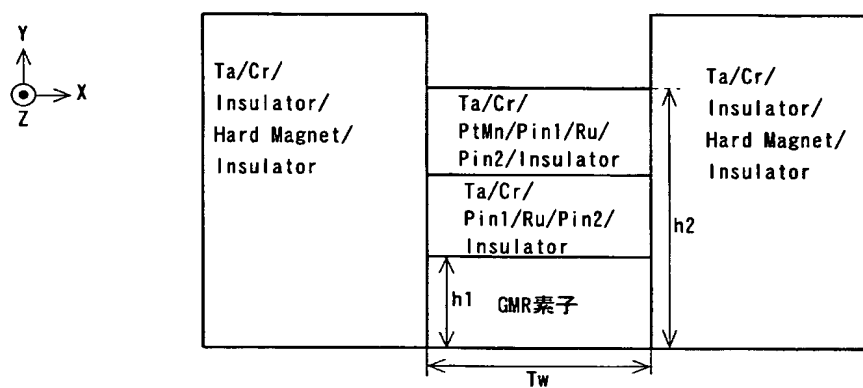
【図 2 1】



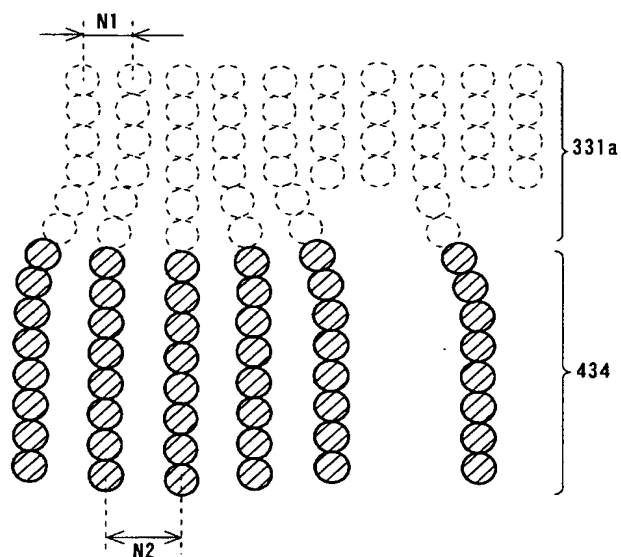
【図 2 2】



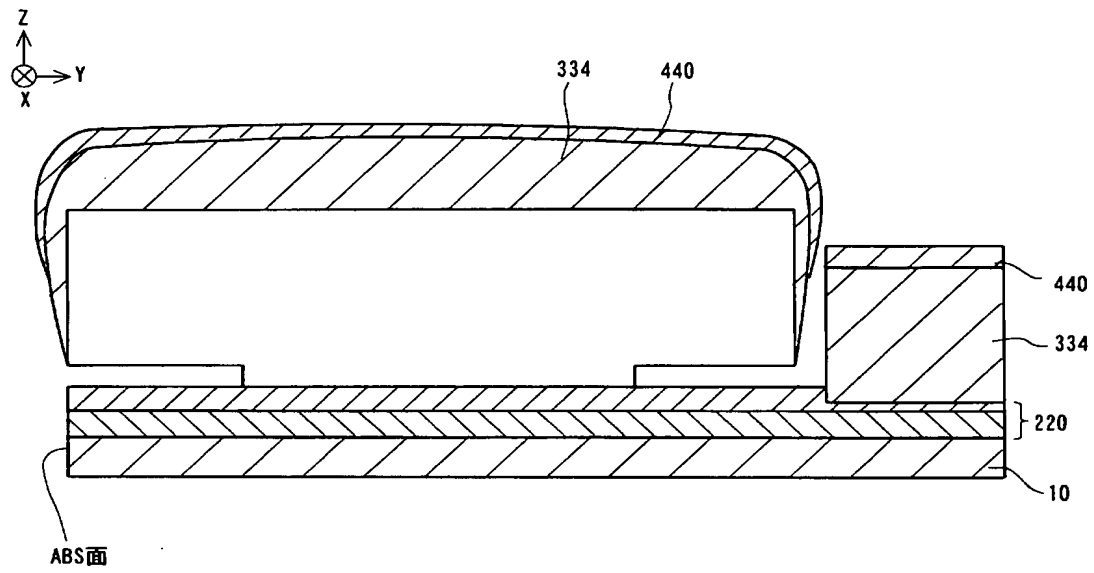
【図 2 3】



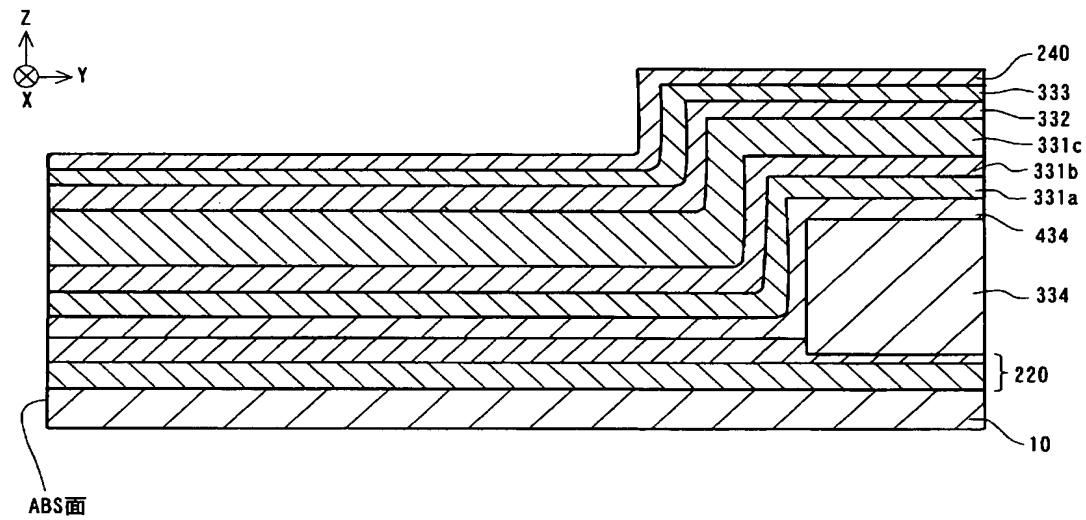
【図 2 4】



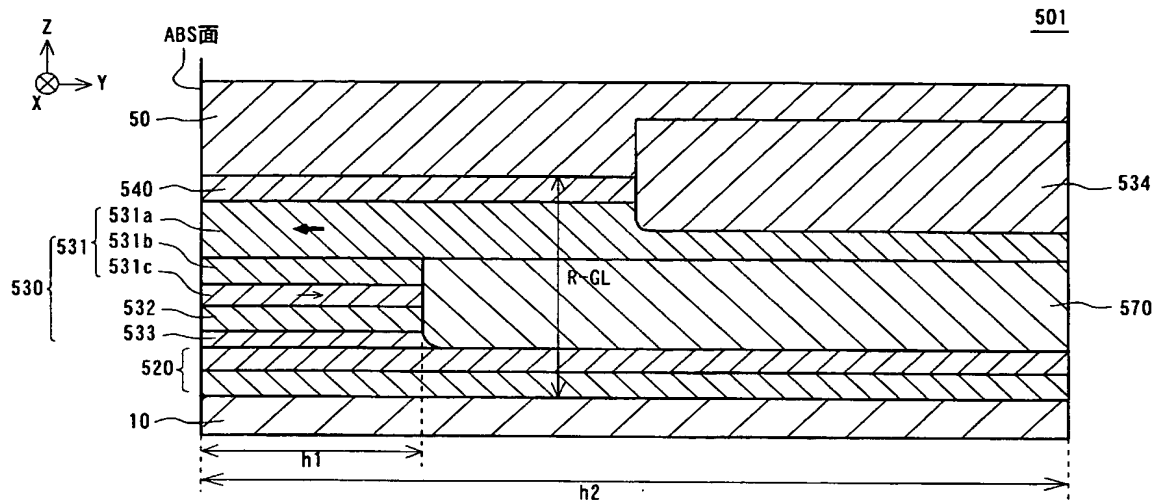
【図 25】



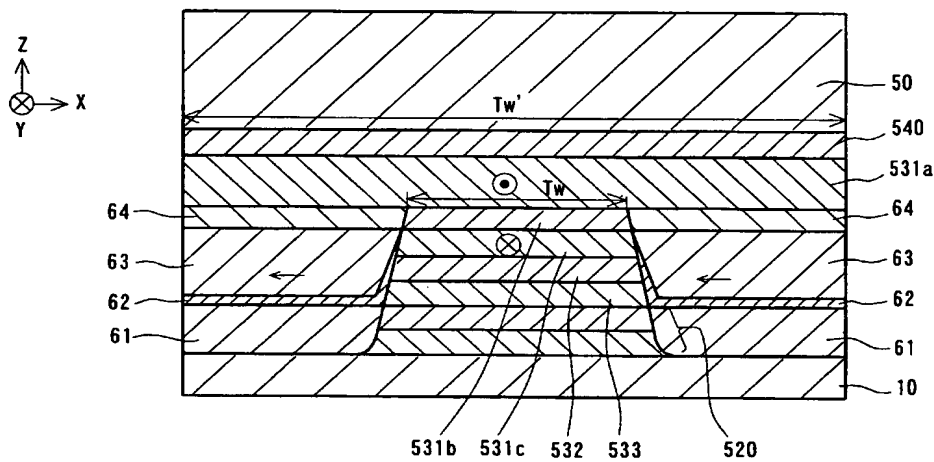
【図 26】



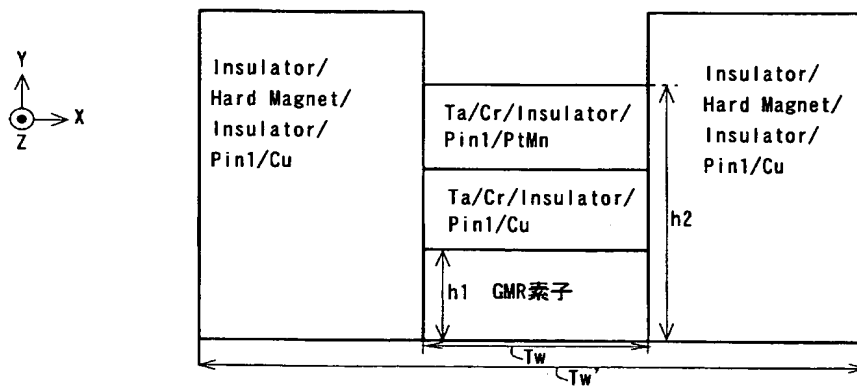
【図 27】



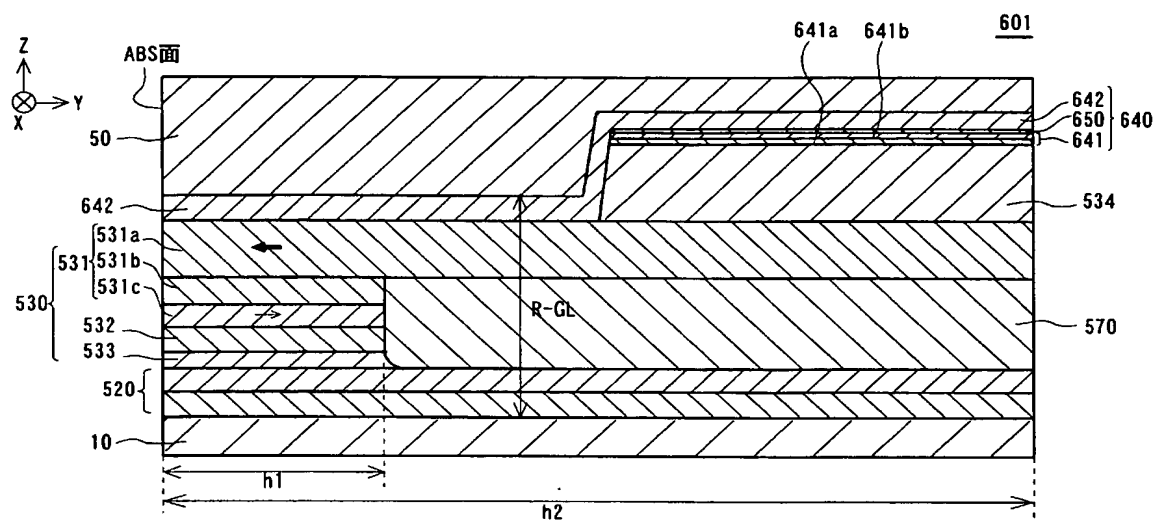
【図 28】



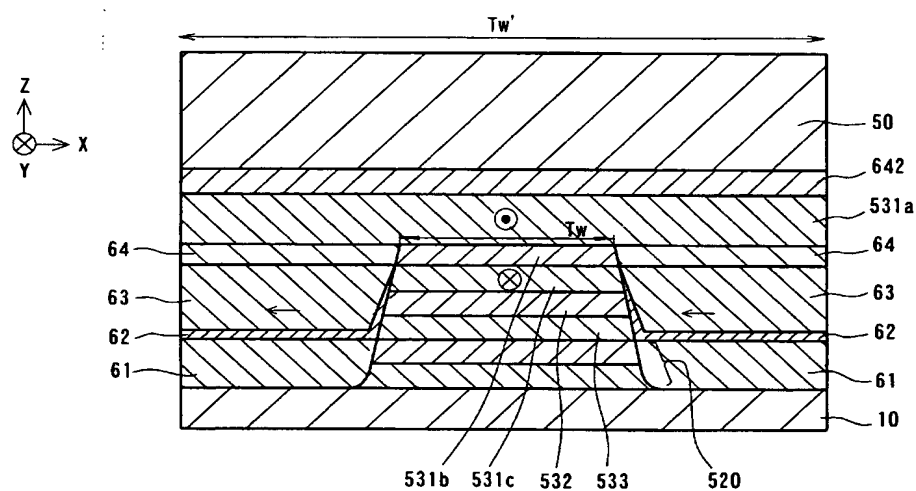
【図 29】



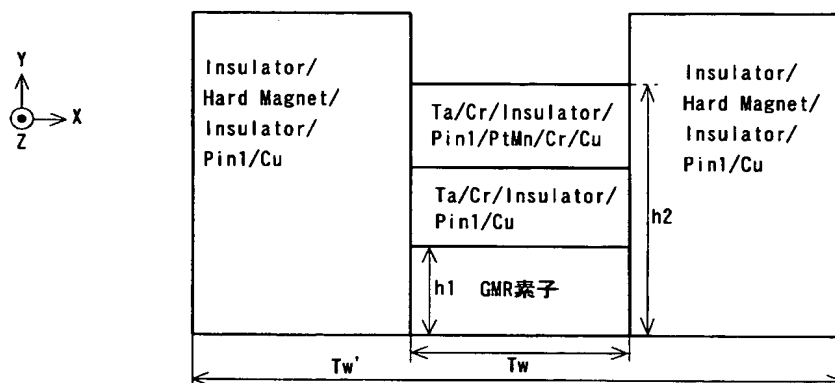
【図 30】



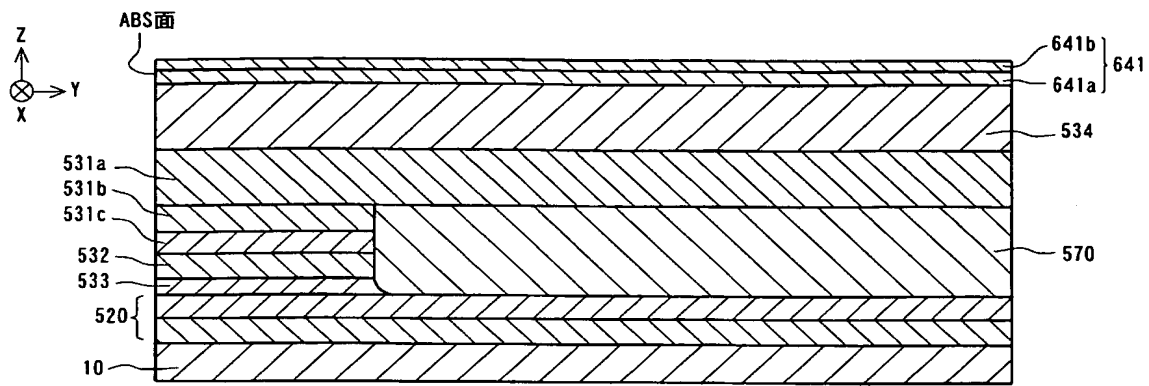
【図 3 1】



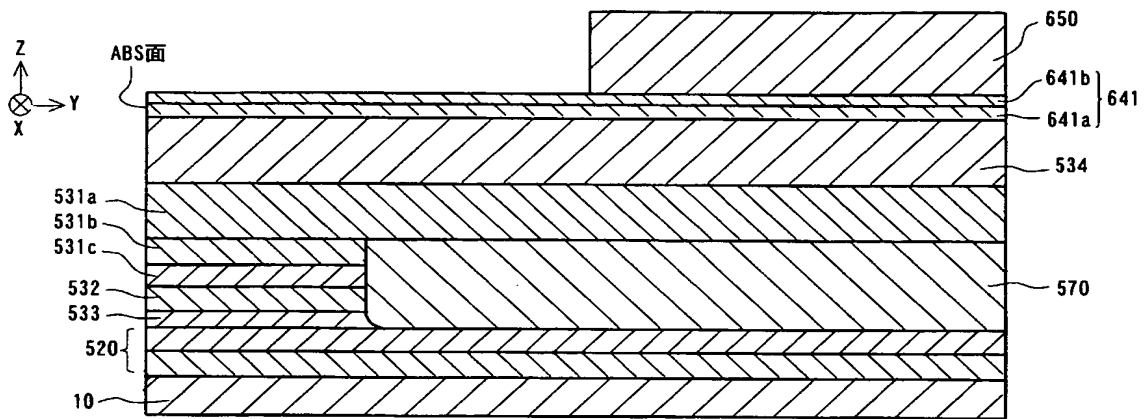
【図 3 2】



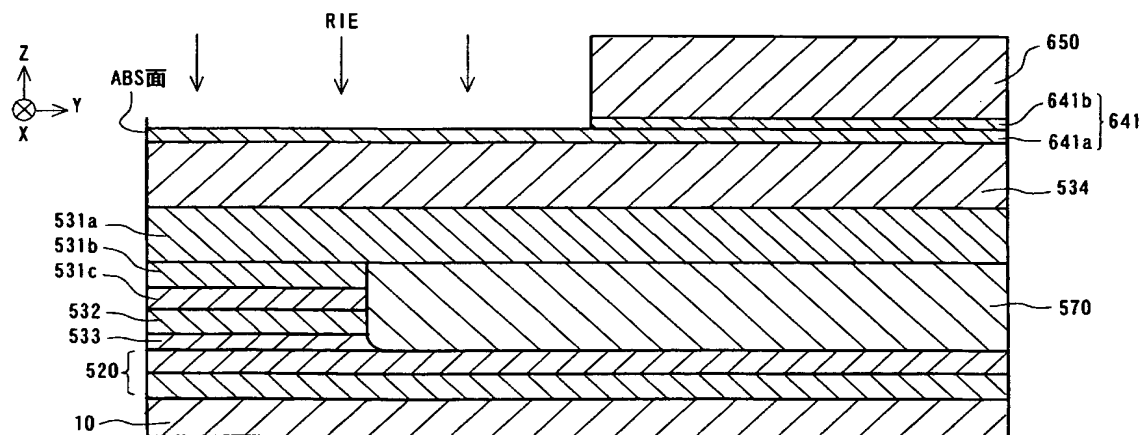
【図 3 3】



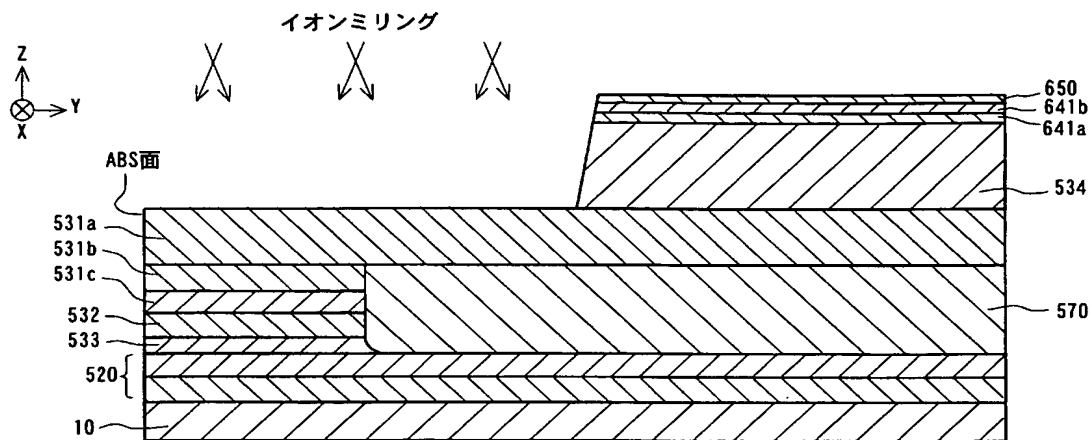
【図 3 4】



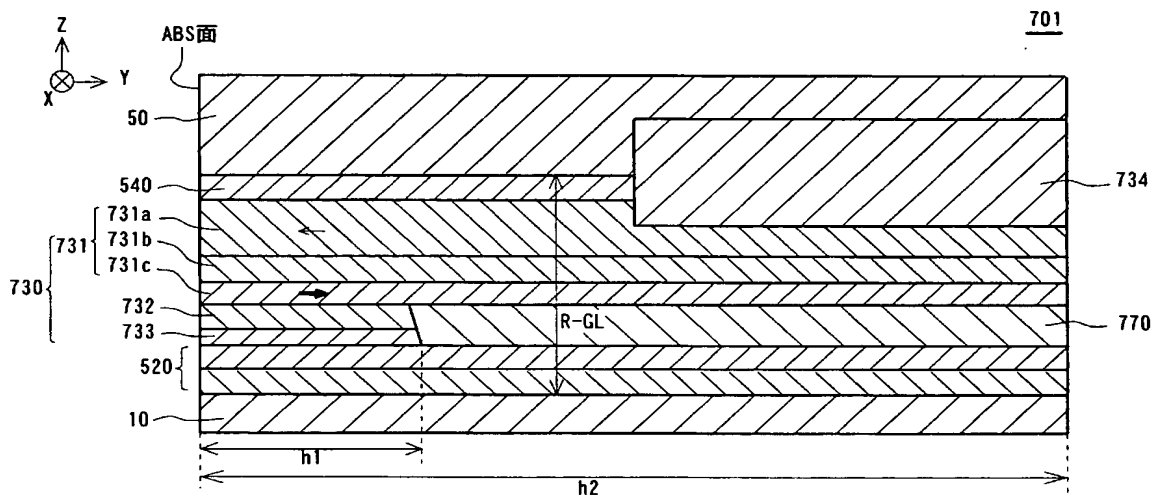
【図 3 5】



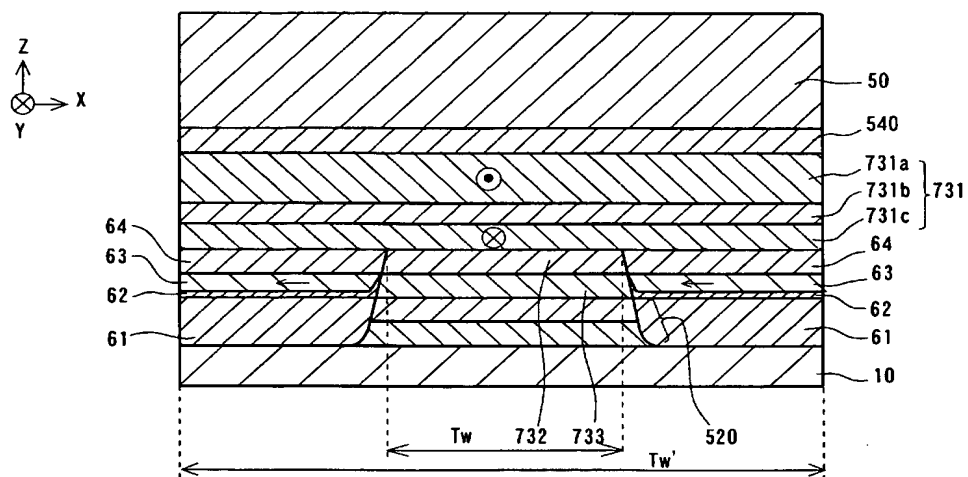
【図 3 6】



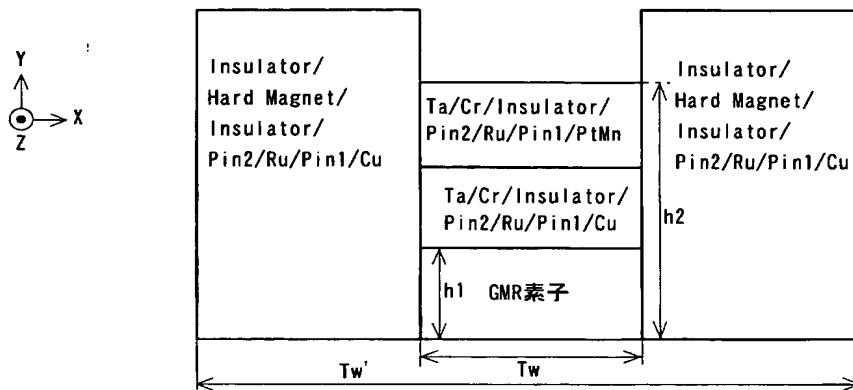
【図 3 7】



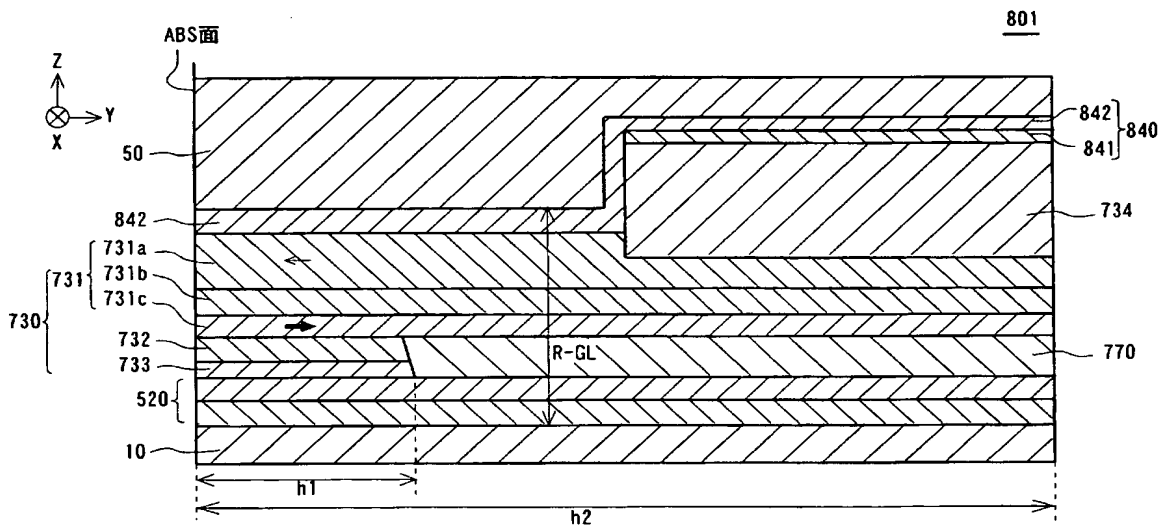
【図 38】



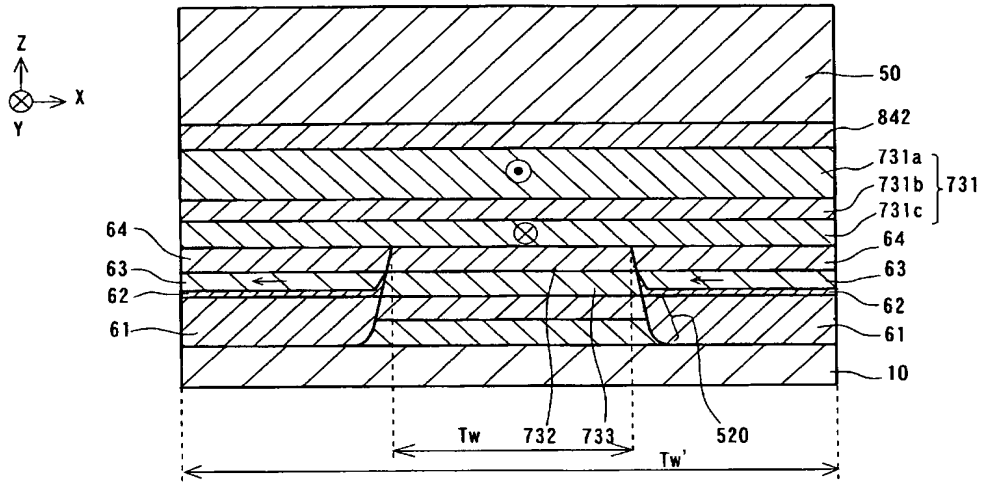
【図 39】



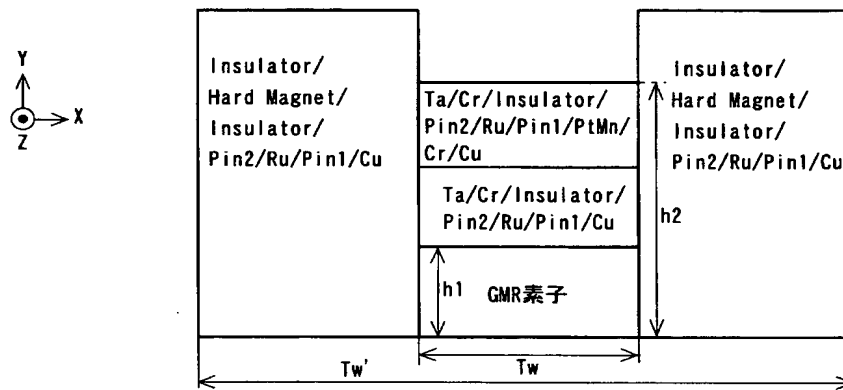
【図 40】



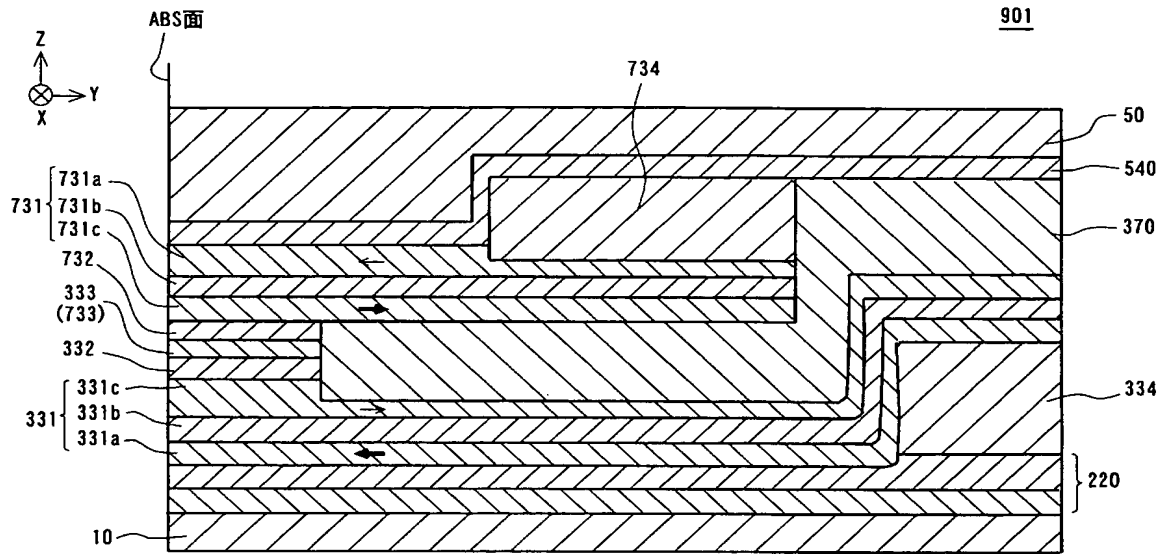
【図 4 1】



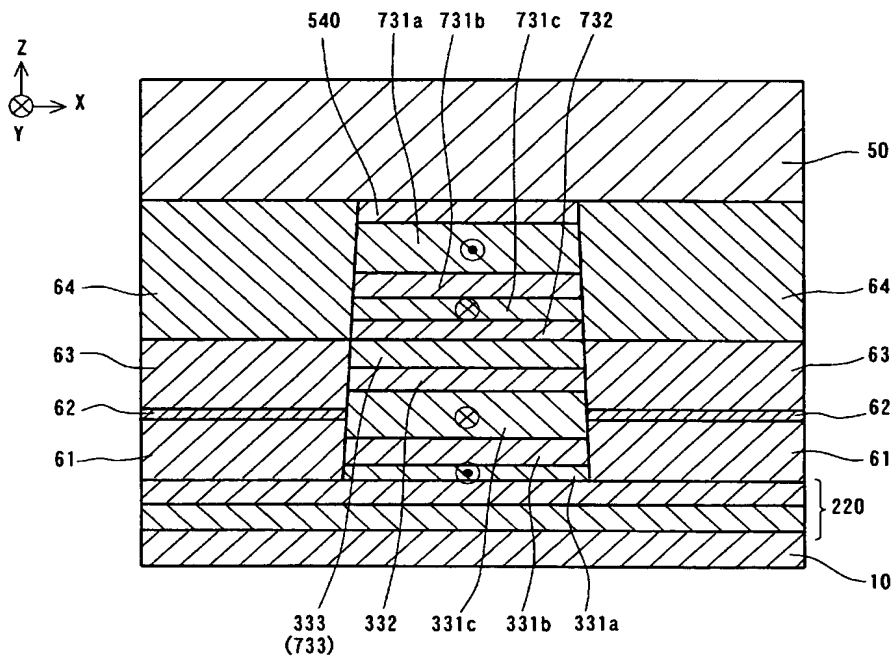
【図 4 2】



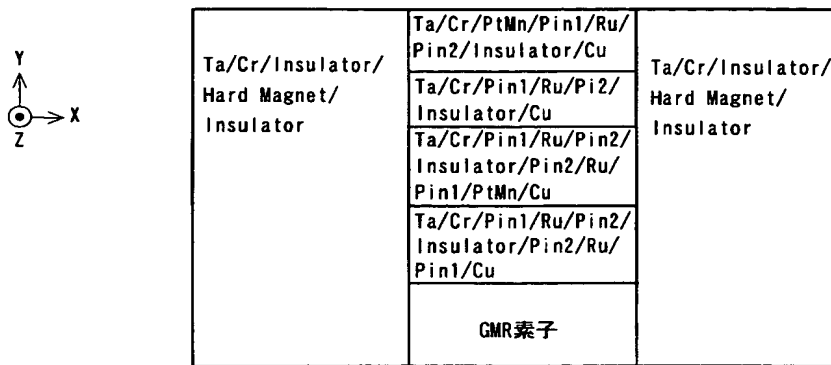
【図 4 3】



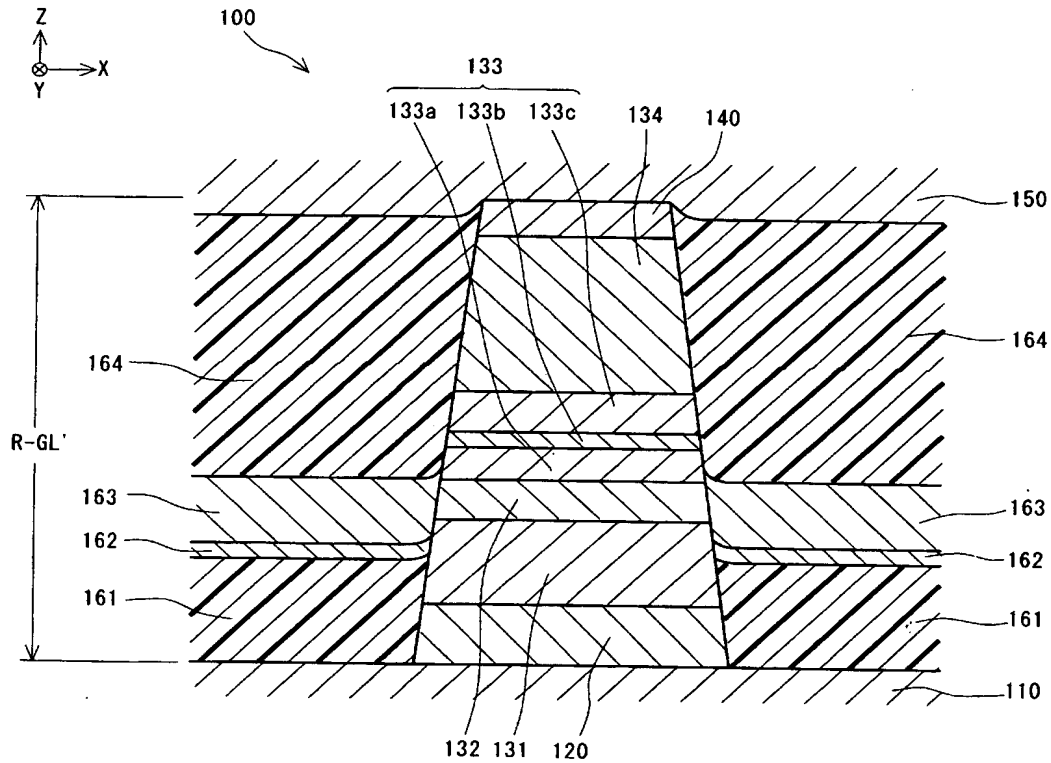
【図 4 4】



【図 4 5】



【図 4 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 シールド層のAMR効果によるノイズとジュール熱を低減可能なC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得る。またジュール熱を低減しつつ、固定磁性層の磁化を強固に固定して高出力が得られるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得る。

【構成】 下部シールド層と上部シールド層と、該上下のシールド層間に挿入される、非磁性材料層を介して積層された固定磁性層とフリー磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備えたC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、下部シールド層の直上と上部シールド層の直下に夫々、固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方に直接接触する、固定磁性層及びフリー磁性層よりも大面積で形成された大面積非磁性金属膜を設けた。さらに、固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を、巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側の位置で、固定磁性層の上面又は下面に接触させて備えた。

【選択図】 図1

認定・付加情報

| | |
|---------|----------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2003-195159 |
| 受付番号 | 50301147674 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第八担当上席 0097 |
| 作成日 | 平成15年 7月15日 |

<認定情報・付加情報>

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成15年 7月10日 |
|-------|-------------|



特願 2 0 0 3 - 1 9 5 1 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名

アルプス電気株式会社